FONDO PIZZOFALCONE

21 C 36

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio 1

Palchetto 9

Num.° d' ordine 35

170 f 22

NAZIONALE
B. Prov.
VITT. EM. III
163
NAPOLI

Digitized by Google

B Gov II 163

Digitized by Google

Digitized by Google

ESSAI

SUR

L'IDENTITÉ DES AGENTS

QUI PRODUISENT

LE SON, LA CHALEUR, LA LUMIÈRE, L'ÉLECTRICITÉ, ETC.

Digitized by Google

Typ. de GUIRAUDET, imprimeur de la Société des Ingénieurs civils.
2, place de la Mairie, à Neuilly.

Digitized by Google

C09202

ESSAI

SUR

L'IDENTITÉ DES AGENTS

QUI PRODUISENT

LE SON, LA CHALEUR, LA LUMIÈRE L'ÉLECTRICITÉ, ETC.

PAR

G. H. LOVE

INGÉNIEUR CIVIL, ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES, ANCIEN INGÉNIEUR AUX CHEMINS DE FER DE PARIS A ROUEN, D'AMIENS A BOULOGNE ET DU MIDI, ETC. MEMBRE DU JURY DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1855 (14e CLASSE), MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

BIBLIOTECA PROVINCIALE NAPOLI

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

DE E. LACROIX, 15, QUAI MALAQUAIS

LIBRAIRIE NOUVELLE
15, BOULEVARD DES ITALIENS, 15

LE DOYEN, LIBRAIRE-ÉDITEUR
PALAIS-ROYAL, 31, GALERIE D'ORLÉANS

1861

Digitized by Google

Digitized by Google

INTRODUCTION

Dans nos recherches expérimentales sur les diverses résistances et autres propriétés des matériaux de construction, auxquelles nous aimons à consacrer tout le temps dont nous pouvons disposer, nous avons été fréquemment entraîné à réfléchir, non-seulement sur la constitution intime des corps, mais sur l'essence même des forces qui les modifient; ce qui nous a fréquemment attiré du terrain où nous étions sur celui de la métaphysique, de la physique et même de la physiologie.

Digitized by Google

Dans ces excursions hors du cercle de nos études habituelles, qui se bornent le plus souvent à l'observation des faits et à la recherche des lois de leurs rapports, nous avons été frappé de la manière intime et nécessaire dont se relient les diverses branches du savoir humain, en apparence les plus indépendantes les unes des autres, et de l'obligation où l'on se trouve fréquemment d'avoir recours au plus grand nombre, si ce n'est à toutes, pour peu que l'on veuille étudier complétement et de haut une question quelconque appartenant plus particulièrement à l'une d'entre elles.

Malheureusement, le peu que nous avions jamais su des sciences dont le secours nous était nécessaire, pour pousser nos investigations aussi loin que nous en avions le désir, était depuis vingt à vingt-cinq ans enfoui, dans notre cerveau, à l'état latent ou de souvenirs assez confus ; et chaque fois que nous les avons évoqués, surtout au début de notre travail, nous avons toujours commencé par gémir de notre insuffisance.

Cependant, le genre d'études dont il s'agit ayant

Digitized by Google

pour nous un attrait irrésistible, nous nous y sommes engagé résolûment avec et malgré notre mince bagage; à peu près comme le navigateur qui s'embarquerait pour un voyage au long cours, n'ayant qu'une faible partie des provisions qui lui sont nécessaires et comptant sur les hasards de la route pour se ravitailler.

Nous sommes arrivé ainsi tant mal que bien, peut-être, au terme de notre course; non sans nous être heurté, souvent, à de graves difficultés; non sans savoir éprouvé de temps en temps quelques défaillances, surtout lorsque nous ne trouvions pas de données expérimentales à l'appui de nos déductions ou que nous n'en avions que d'insuffisantes. Mais somme toute, si l'on veut bien jeter un regard attentif et bienveillant sur notre nacelle, et fouiller, sans parti pris, dans le butin dont nous l'avons chargée, nous espérons que l'on en trouvera ayant quelque valeur, et que l'on reconnaîtra que nos efforts n'auront pas été tout-à-fait sans utilité pour la science.

La *sensation* est la boussole dont nous nous som-

mes servi dans nos recherches et à laquelle nous devons d'avoir découvert les principales notions de cet essai. Nous ne nous sommes pas arrêté à l'idée entretenue par quelques philosophes et savants que nos sensations *peuvent être une cause d'erreur;* car il n'y a pas de si bon instrument qui ne puisse nous conduire à de mauvais résultats. Cela dépend de la manière de s'en servir. Les erreurs commises ne peuvent donc toujours être mises à sa charge et être par conséquent un motif valable pour en répudier l'emploi.

D'ailleurs, quel autre moyen avons-nous d'arriver à la connaissance positive des objets extérieurs et de leurs propriétés ? Le raisonnement? Mais tout raisonnement a pour base des faits, et la connaissance des faits résulte forcément du témoignage d'un ou de plusieurs de nos sens; il est impossible de sortir de là. C'est donc à tort, selon nous, que M. Grove dans son livre sur la *corrélation des forces physiques* exhorte ses lecteurs « à ne pas prendre en considé-
« ration les sensations que la chaleur, entre autres
« phénomènes, produit sur les corps, ces sensations

Digitized by Google

« étant très-propres à induire et ayant de fait in-
« duit plusieurs personnes en erreur. »

Le physicien anglais a d'autant moins raison d'exprimer cet avis que les faits qu'il cite à l'appui de son exhortation, logiquement interpretés, ne nous paraissent en aucune façon confirmer sa manière de voir. En effet, ce savant rappelle qu'un corps fortement échauffé nous donne la sensation de brûlure, avec ses effets désorganisateurs sur les tissus, et que du mercure congelé, c'est-à-dire privé pour ainsi dire de chaleur, produit exactement la même sensation avec les mêmes effets destructeurs sur la matière organisée. Il suit de là que, les yeux fermés, aura sans doute pensé M. Grove, nous déclarerions toucher deux corps très-chauds et que nous serions ainsi conduits, par la sensation, à affirmer un fait inexact.

Nous trouvons, au contraire, que dans cette circonstance, ce n'est pas la sensation qui est en défaut, comme le croit l'auteur anglais, c'est le raisonnement ; c'est l'appréciation que l'on fait de la sensation éprouvée. Si, en effet, l'on se bornait à dire que

les tissus ont été traversés aux points de contact par une grande quantité d'un agent produisant le phénomène de chaleur ; nous ne voyons pas, jusqu'à démonstration du contraire, ce que l'on aurait à reprendre à ce jugement ; car si, dans un cas, le contact d'un corps beaucoup plus chaud que le doigt, par exemple, brûle celui-ci ou le désorganise, par suite de ce que l'agent calorifique émanant du corps chaud s'y précipite en masse ; dans l'autre, pourquoi ne serait-ce pas l'effet du même agent appelé brusquement sur le même point, mais s'écoulant, cette fois, de l'organisme sur le corps extérieur? Est-ce que la sensation de froid que l'on éprouve en se frottant la figure ou les mains avec de la neige n'est pas suivie immédiatement de la sensation d'une chaleur intense à la peau? Niera-t-on que, dans ce dernier cas, la sensation éprouvée ne provienne réellement de la chaleur animale appelée à la surface, et ne voit-on pas, dès-lors, que dans les deux cas de contact avec les corps froids, il n'y a qu'une différence du plus au moins, qui s'explique aisément par la différence de température des corps

Digitized by Google

touchés? Que, dans les trois cas, il n'y a qu'un seul et même fait physique, une tendance des corps en contact à se mettre en équilibre de température, comme l'eau se met de niveau dans les vases communiquants, par l'écoulement de l'agent calorifique du corps qui en possède le plus, vers celui qui en a le moins?

Voilà, selon nous, ce qui résulte de l'interprétation rigoureuse de la sensation. Et il nous semble qu'au lieu d'induire en erreur, elle nous apporte une notion exacte de plus sur le mouvement de l'agent qui produit le phénomène en question.

Nous sommes si loin de tenir la sensation en suspicion, que nous la considérons comme le seul moyen qui nous ait été donné d'arriver à des connaissances positives; et ceux qui la repoussent trouveront sans doute, en examinant la chose de plus près, qu'elle joue le rôle principal là-même où ils croyaient s'en passer.

C'est, en effet, en donnant à la sensation le rang, l'importance qui lui reviennent, à si juste titre, dans les sciences d'observation; c'est en étudiant les corps,

Digitized by Google

non-seulement au point de vue des actions qu'ils exercent les uns sur les autres, mais aussi de celles qu'ils exercent sur nos sens et *du lien que les sensations éprouvées établissent entre les phénomènes observés*, que nous sommes arrivé à confirmer certaines notions importantes timidement avancées par la science officielle, et à en formuler un grand nombre de nouvelles tout-à-fait inattendues et qui, nous l'espérons, paraîtront dignes d'arrêter un instant l'attention.

Nous citerons l'exemple de ce procédé physico-physiologique, par lequel nous sommes arrivé à soupçonner que le *son* devait être produit par le même agent que la lumière.

Partant de ce point comme reconnu, qu'une cloche, par exemple, est perçue, par nous, une première fois, dans sa forme, sa couleur, par les vibrations lumineuses qu'elle renvoie à l'*œil*; nous avons constaté que nous avions une autre manière de percevoir cet objet, *d'être averti de sa présence* par les vibrations sonores qu'il pouvait envoyer à l'*oreille*. Poussant la comparaison des sensations

Digitized by Google

éprouvées jusque dans leur résultat final sur les organes, nous avons reconnu que, de même que l'image de l'objet se dessinait au fond de l'œil, il y avait plus qu'une probabilité qu'il se dessinait aussi, sur le nerf acoustique, une figure analogue à celles obtenues par Savart, sur des membranes, par des sons différents; que cette figure était le résultat de l'action mécanique produite par les vibrations sonores, comme l'image était celle des vibrations lumineuses. Ainsi, en définitive, les deux modes de vibrations aboutissaient à deux résultats d'une nature identique, puisqu'ils consistaient en deux images tracées sur deux membranes. Arrivé là, il était assez naturel de supposer que ces deux effets pouvaient être dûs à un même moteur. C'est ce que nous avons fait. Nous avons d'abord recherché s'il était possible que les vibrations fussent dues à l'air; s'il en était ainsi, c'en était fait de notre induction.

Nous avons fait appel à la sensation, et nous nous sommes demandé ce que nous éprouverions si l'air se mouvait avec la vitesse qu'on lui prête dans la

Digitized by Google

théorie actuelle du son? Des effets mécaniques d'une force inouïe, que non-seulement l'oreille mais l'organisme entier seraient incapables de supporter. Il n'y a donc qu'un fluide d'une densité infiniment faible, avons-nous pensé, qui puisse se mouvoir avec la vitesse constatée, d'une manière inoffensive pour un organe aussi délicat que l'ouie. De fluide remplissant cette condition, nous ne connaissions que l'électricité. Mais l'électricité ne pouvait être, après mûr examen, la cause de la lumière que si elle était un fluide unique. Ce qui nous a conduit à examiner l'hypothèse des deux fluides et à la réfuter, etc., et voilà comment, par des effets analogues produits sur deux organes sensitifs par un objet extérieur, nous avons été conduit à trouver la cause qui les produisait et le rôle que le corps considéré jouait dans les phénomènes observés.

Nous ne savons si l'on trouvera à redire à ces déductions. Mais ce que nous pouvons affirmer, c'est que nous avons été mis, de cette manière, dans la voie qui nous a permis de formuler le système scientifique et philosophique auquel aboutit cet essai.

Digitized by Google

Si nous avons réussi, la sensation sera réhabilitée ; et l'on pourra comparer les savants qui l'auront repoussée à celui qui aurait mis de côté une excellente lorgnette, en la déclarant mauvaise, parce qu'il n'aurait pas su la mettre au point ou parce qu'il aurait regardé par le gros bout.

En résumé, en nous gardant bien d'aucun parti pris sur quoi que ce soit, voire même sur l'existence et l'action d'*entités subtiles et occultes* que repousse M. Grove; au lieu d'écarter, comme lui, la recherche des causes ou de la cause universelle, et de déclarer que la physique ne doit être que la recherche *des faits et de leurs rapports ;* au lieu d'aborder les grands phénomènes du ressort de la physique avec une idée visiblement préconçue comme celle de les expliquer *par des mouvements de la matière ordinaire,* thèse qui ne fournit que l'occasion de rapprochements ingénieux, mais qui ne donne, sur quoi que ce soit, aucune explication qui satisfasse l'esprit, nous nous sommes laissé guider par la sensation (1), en nous

(1) Nous ne pouvons donner une meilleure preuve de l'absence de parti pris de notre part, qu'en disant que nous ayons commencé cette étude en

Digitized by Google

efforçant d'analyser correctement les impressions reçues; et nous croyons être arrivé à la découverte de vérités importantes que nous avons rassemblées dans cet essai, qui part de la *notion de la matière que nous recevons par les sens* pour arriver à celle de *Dieu* en embrassant dans l'intervalle et expliquant, en général, autrement qu'on ne l'a fait jusqu'ici, les phénomènes les plus importants dépendant de la physique, de la chimie, de la physiologie et de la psychologie.

La composition de cette étude remonte a plusieurs années. Nous l'avons modifiée à plusieurs reprises et récemment encore après en avoir lu la plus grande partie devant la Société des Ingénieurs civils (4 mai 1860). Ces modifications sont telles que ceux qui voudraient juger notre travail, d'après les compte-rendu qui ont été donnés par cette Société, se tromperaient infailliblement. Un examen plus approfondi de la question, aidé de quelques

inclinant fortement vers le matérialisme et que lorsque nous fûmes sur le point de l'avoir terminée, nous étions spiritualiste, sinon dans le sens restreint où on l'entend encore aujourd'hui, mais en tant qu'il s'agit de la croyance dans l'existence de *Dieu*, de *l'ame* et d'une *vie future*.

Digitized by Google

expériences, nous a permis, en effet, de faire à ce travail de nombreuses additions, de le transformer dans des points importants, de manière à lui donner plus d'homogénéité, plus de consistance, et à confirmer de plus en plus la démonstration générale qui fait l'objet de notre premier chapitre.

En même temps, nous nous sommes écarté aussi de plus en plus des idées reçues, à ce point que nous serions effrayé de soumettre au public le résultat de nos investigations, si nous avions des antécédents connus dans l'une quelconque des sciences que nous avons abordées. Heureusement, il n'en est rien. Nous avons la prétention d'être, tout simplement, un ingénieur praticien, possédant, à peu près, le peu de notions scientifiques qu'il lui faut pour exercer convenablement sa profession. Et nous ne tenons pas, outre mesure, au surcroit que nos loisirs nous ont permis d'y ajouter. Il n'en serait certes pas ainsi d'un savant officiel qui aurait dirigé ses études du même côté et qui serait arrivé à peu près au même résultat que nous. La timidité, la circonspection extrêmes des honorables membres

Digitized by Google

de l'Institut, les égards qu'ils montrent pour les idées reçues, les travaux de leurs collègues et ceux auxquels ils doivent leur réputation, tout cela eût peut-être, sinon empêché, du moins retardé longtemps encore l'énonciation de la vérité... A ce point de vue, il serait très-heureux, nous le répétons, les nouvelles idées émises dans cet essai étant vraies, qu'elles fussent venues à un profane comme nous, n'ayant aucun antécédent, comme physicien, ne visant aucunement à se faire une réputation scientifique, et n'ayant par conséquent aucun ménagement à garder vis-à-vis de lui-même ou pour les idées de graves et respectables confrères.

Aussi, reconnaissant que pour traiter convenablement un sujet pareil à celui que nous avons abordé, il faudrait plus de connaissances que nous n'en avons, plus de temps que nous ne pouvons y consacrer, nous sommes parfaitement préparé à l'idée d'avoir laissé échapper quelques erreurs de fait et d'appréciation, et à nous voir attaqué avec d'autant plus de vivacité que nous nous écartons davantage du giron officiel, et que nous avons mis nous-même moins de réserve

à critiquer les idées des autres. Mais cela ne nous émeut en aucune façon, et dût cette déclaration augmenter la rigueur de nos adversaires, nous dirons que l'évidence des propositions principales, que nous avons mises en avant nous paraît telle, que nous avons la ferme conviction que les critiques de détail qui pourraient nous être adressées ne sauraient affecter l'ensemble et la signification de notre travail.

Nous espérons, d'ailleurs, que ceux qui prendront la peine de redresser nos erreurs le feront avec l'idée de fortifier un système qui conduit scientifiquement à affirmer, et à consolider dans l'esprit de tous, les deux notions qui intéressent le plus l'humanité, les seules capables de la pousser dans une voie indéfinie de progrès intellectuel et moral, celles DE L'AME ET DE L'ÈTRE SUPRÊME...

Paris, 30 septembre 1860.

G. LOVE.

4, rue de Turin.

Digitized by Google

ERRATA.

Pages	Lignes	au lieu de	Il faut
2	22	Nous disons	Nous dirons
43	20	. . . . .	ajouter le mot *la* à la fin de la dernière ligne
45	16	la première (D)	la formule (D)
56	31	parviennent	parvienne
61	5	mentionne	mentionna
80	8	sroait	serait
95	11	ne saurait dépasser	ne saurait atteindre
105	12	$T - \frac{2 \times 7750}{636}$	$T = \frac{2 \times 7750}{636}$
114	6	et a r suite	et par suite
d°	8	Il certain	Il est certain
150	9 et 10	en la touchant, *par l'armature extérieure*, est vivement attirée par la surface extérieure et repoussée de	en la touchant est vivement attirée par la surface extérieure et repoussée par l'armature extérieure de
168	24	umière	lumière
175	14	avec autres	avec d'autres
194	17	qui *la* distingue	qui le distingue
241	22	que nous avons reçu	que nous avons reçus
251	1	XCIV	XCII

OBSERVATIONS SUR LES FIGURES.

Dans la figure A de la page 36, le 2e parallélogramme dont l'angle aigu ressort à gauche devrait avoir en lignes ponctuées tout ce qui est derrière l'autre parallélogramme.

Dans la figure de la page 150, il manque la ligne horizontale inférieure qui forme la projection du pied du vase.

Digitized by Google

SUPPLÉMENT AUX ERRATA.

Pages	Lignes	au lieu de	il faut
4	17	Les uns comme les *trois* derniers	Les uns comme les *quatre* derniers
10	1	lui appartenant comme résidant	lui appartenant, sinon comme résidant
13	10	. . . . .	supprimer ces mots : *dans le vide de la machine*
13	11	n'a pas de corps pour véhicule	n'a pas de corps pondérable pour véhicule
16	15	quantité et *de* la tension	quantité et la tension
19	»	. . . . .	ajouter la note ci-après à la fin de la page 19 (1)
77	16	vibration *et* de translation ou *de repos*	vibration, de translation ou d'*équilibre statique*
121	19	. . . . .	supprimer ces mots : comme l'eau dans les vases communiquants
137	4	positif ou négatif, et	positif ou négatif, à moins qu'il ne s'agisse de discuter ou de rappeler d'autres points de l'ancienne théorie, et
147	6	et la nature du fluide	et la tension du fluide
275	19	est un appareil	est un appareil *nécessaire*

(1) NOTE A AJOUTER A LA FIN DE LA PAGE 19.

On trouvera, sans doute, ici, que notre critique tombe à faux, parce que nous appliquons aux *vibrations* de l'air l'amplitude que la théorie attribue aux *ondulations*. Mais l'expérience la plus simple et l'examen serieux des instruments à vent faisant voir clairement que les ondulations sont incapables de produire un son, il ne peut plus être question que de *vibrations*. Dès-lors, si l'on suppose que celles de l'air soient autre chose que des *vibrations initiales* impulsives d'un agent intermédiaire entre le choc qui est la cause du son et les vibrations du *véritable agent sonore*, comme cela a lieu pour tous les autres corps pondérables qui jouent un rôle analogue à l'air dans le phénomène en question, on tombe forcément sous le coup de la critique qui précède.

Digitized by Google

Digitized by Google

CHAPITRE PREMIER

DÉMONSTRATION GÉNÉRALE DE L'IDENTITÉ DES AGENTS QUI PRODUISENT LE SON, LA CHALEUR, LA LUMIÈRE, L'ÉLECTRICITÉ, ETC.

I.

L'idée la plus simple, la plus positive et la plus nette que l'homme puisse se former du monde extérieur, c'est celle d'un *corps au repos* appréciable, tour à tour, à tous les sens. Supposons en effet, un solide de dimensions suffisantes pour que l'œil en reçoive l'impression en couleur, forme et étendue ; pour que la main en sente le poids, l'état et la température de sa surface ; les autres organes, le goût et l'odeur, etc. ; et, cette constatation une fois faite, tout le monde sera d'accord pour déclarer que l'objet de

Digitized by Google

cette investigation est un corps matériel dans toute l'acception du mot.

Mais n'y a-t-il de matière que ce qui se traduit ainsi d'une manière complète à tous nos sens? Nierons-nous qu'un corps que nous *voyons*, que nous *pesons*, soit *matière* parce qu'il n'apportera à nos sens ni *goût* ni *odeur*? Non sans doute, et rien ne serait plus facile que d'en trouver, n'accusant pour nous que la *forme*, la *couleur* et le *poids*, et que nous appellerions *matière* avec aussi peu d'hésitation que le premier.

Au premier abord, il semble que nous devions refuser notre témoignage sur la question de savoir s'il y a une matière quelconque dans une étendue donnée, lorsque dans cette étendue l'œil ne percevra ni *forme* ni *couleur*, lorsque rien ne nous apportera directement, immédiatement, l'impression de poids. Mais que l'air sans forme ni couleur *apparentes*, dont le poids n'est rendu appréciable que par un artifice, vienne à être agité, nous frapper la figure, renverser un arbre, et aussitôt, nous reportant à l'effet semblable que peuvent produire sur nous ou ailleurs, lorsqu'ils sont en mouvement, les corps dont nous avons constaté la matérialité, nous disons encore, de concert et sans hésiter, l'air est un corps, l'*air est matière*. Et ce point recevra une nouvelle confirmation lorsque nous constaterons que des

Digitized by Google

gaz également invisibles, sans forme, sans odeur et sans saveur, sont amenés à l'état liquide et même solide par la pression et rendus à leur état premier lorsque cette pression a disparu. A *fortiori* reconnaîtrons-nous, comme matière, et d'emblée, des gaz invisibles comme l'air, mais qui auraient la propriété d'impressionner d'une manière sensible les organes du goût et de l'odorat.

Mais quel est le signe qui nous a fait reconnaître la matière là où rien ne nous apparaissait au premier abord? C'est un mouvement apparent, visible, produit dans un corps au repos dont nous avions pu auparavant constater l'existence, la matérialité par le témoignage irrécusable de nos sens. Remarquons que, si un corps solide *apparent* peut ainsi recevoir le mouvement d'un autre corps *non apparent* comme l'air, à son tour celui-ci peut être mis en mouvement sensible, pour nous, par le premier ou par une autre cause.

Il ressort de cette analyse un moyen qui nous permet de nous prononcer sur l'existence d'un corps, sa matérialité, non-seulement dans les cas ordinaires, mais dans ceux qui au premier abord pouvaient paraître douteux. Nous pouvons dire, en effet, que *la matière est tout ce qui frappe un ou plusieurs de nos sens, tout ce qui peut recevoir le mouvement et le communiquer.*

Digitized by Google

II.

Mais ce moyen ne résout pas tous les cas qui peuvent se présenter. Il nous suffira pour reconnaître les solides, les liquides et les gaz, mais il pourra nous laisser indécis sur la question de savoir ce que nous devons penser des fluides appelés impondérables, l'électricité, la lumière, la chaleur, le magnétisme, ce que c'est que la force, l'intelligence, la volonté, Dieu, l'âme, etc., toutes notions de la plus haute importance et cependant si incertaines encore dans l'esprit des gens même les plus éclairés.

Pour perfectionner ce moyen, essayons d'analyser ce qui tout à l'heure nous faisait reconnaître, sans hésitation, la présence d'un corps. On se rappelle que c'étaient les impressions diverses faites sur nos sens par certaines qualités, propriétés ou *attributs*, comme la *forme*, la *couleur*, la *saveur*, la *pesanteur*, la *mobilité*, l'*inertie*, l'*étendue*, la *divisibilité*, etc.; les uns, comme les trois derniers, inhérents aux corps, appartenant à tous, invariables, sans lesquels nous ne pouvons absolument les concevoir, que l'on range en physique parmi les propriétés générales de la matière

et que nous distinguerons sous le nom d'*attributs essentiels;* les autres qui, d'après ce que l'on vient de voir, peuvent appartenir à certains corps et pas à d'autres, qui, dans le même corps, ainsi que nous le verrons bientôt, *varient suivant les circonstances* et que, pour cette raison en même temps que pour les distinguer des précédents, nous appellerons *attributs accidentels.*

En tous cas, il faut reconnaître que nous concevons clairement qu'il y a des corps possédant tout ou partie de ces divers attributs, mais nous ne concevons pas qu'il en existe sans attributs d'aucune sorte. Réciproquement nous ne pouvons nous représenter qu'un attribut, comme la *forme,* la *pesanteur,* existe *isolé* d'un corps.

Un corps, que l'on peut appeler *être* quand il est animé, *entité,* quand il n'y a pas utilité à distinguer, ou qu'il y a doute si c'est l'un ou l'autre ; *une entité,* dirons-nous donc, est tout ce qui frappe nos sens et notre esprit par un ou plusieurs attributs *essentiels* et *accidentels.*

Nous ne connaissons pas d'exemples qu'une *entité* ait pu s'allier avec une autre *entité* et continuer à y être discernée par tous ses attributs. Un sel composé de plusieurs corps est une véritable entité qui se distingue des corps constituants par des attributs distincts, bien qu'il puisse en avoir en commun avec l'un ou l'autre de ceux-ci.

Digitized by Google

L'attribut, qui, dans certains cas ainsi que nous le verrons plus loin, a été confondu avec l'entité s'en distingue pourtant par ce trait caractéristique qu'il peut coexister dans le même corps avec plusieurs autres attributs et y ressortir d'une manière distincte en même temps qu'eux. Il peut se rencontrer à divers degrés dans les différents corps, mais dans le même il est invariable dans les mêmes circonstances. Ainsi, par exemple, l'or est une entité *unique* de son genre ; il ne peut s'allier avec l'*argent*, autre entité, et conserver tous ses attributs ; il se distingue des autres métaux par son poids, sa couleur, sa densité, son éclat, son système de cristallisation, sa résistance à certains dissolvants, etc., mais ces mêmes attributs, qui ressortent tous à la fois d'une manière distincte, peuvent coexister à divers degrés dans d'autres corps. Dans l'or ils sont invariablement les mêmes. Il n'existe pas d'ors purs, en effet, quelles que soient leurs provenances, différant entr'eux par leur couleur, leur éclat, leur densité, etc.

En résumé, *une entité* se reconnaît à ce signe qu'elle constitue une unité distincte ; qu'elle décèle dans les mêmes circonstances des attributs constants, invariables, différant en nombre et en intensité de ceux des autres entités ; qu'elle ne peut s'allier avec une autre entité et continuer à y être discernée par ses attributs.

Digitized by Google

L'*attribut* se reconnaît à ce signe qu'il peut, à l'inverse de l'entité, *coexister* distinctement avec d'autres attributs; qu'il ne peut être isolé d'un corps ou y exister à des degrés différents *dans les mêmes circonstances* (1).

Ces caractères sont bien tranchés. Ils sont tels qu'il doit paraître difficile que l'on puisse désormais confondre l'entité avec un attribut. En outre, et ceci est très-important à noter, la dépendance absolue que nous avons reconnu exister entre ces deux termes est telle, que l'on peut toujours conclure de l'un à l'autre. Ainsi, lorsque la présence de plusieurs attributs aura été constatée, l'existence d'une entité apparente ou non, pondérable ou impondérable (2) s'en suivra rigoureusement.

Il importe de faire remarquer que *l'invariabilité* dans

(1) On verra plus loin pourquoi nous faisons cette réserve.

(2) Nous entendons ici par *impondérable, ce qui échappe à nos moyens de mesurer le poids*, au lieu de dire que c'est ce qui échappe à l'action de la pesanteur, définition que l'on trouve dans quelques traités de physique, sur laquelle les physiciens diffèrent et que nous regrettons d'avoir laissé échapper dans le compte-rendu qui a été donné de la partie de notre travail qui a été lue devant la Société des Ingénieurs civils. Nous trouvons cette dernière définition irrationnelle pour plusieurs motifs. En premier lieu, parce que nous pouvons affirmer qu'un fluide échappe actuellement à nos moyens de pesage; tandis que nous ne pouvons affirmer qu'il y ait une chose au monde qui puisse se soustraire à la pesanteur. En second lieu, parce que rien ne nous autorise à concevoir une matière sans masse et absolument sans pesanteur, et que d'ailleurs nous ne pouvons comprendre qu'une telle chose puisse exister.

Digitized by Google

les attributs doit s'entendre en ce sens qu'ils restent les mêmes *dans les mêmes circonstances,* car il peut se rencontrer des cas où ils varient en apparence ou en réalité.

Le *mouvement,* par exemple, modifie certains d'entre eux en plus ou en moins dans leur caractère ou leur intensité, suivant qu'il est plus ou moins rapide. En effet, si l'on fait tourner horizontalement, au bout d'une corde, un corps lourd d'une certaine forme, cette forme sera bientôt altérée en apparence, la couleur s'atténuera, la main, auparavant sollicitée par un effort de haut en bas dû à l'action de la pesanteur, ne le sera plus que par des efforts horizontaux s'exerçant successivement dans tous les sens. L'odeur exhalée par le corps pourra augmenter ou diminuer, etc. Mais ces attributs, ainsi modifiés, dans les mêmes circonstances de vitesse et de direction nous apparaîtront toujours de la même manière, ainsi qu'on peut aisément le constater à l'égard de tout ce dont nous avons reconnu la matérialité.

Il suit de là une conséquence importante : c'est que si *une entité, qui ne se révèle d'abord que par certains attributs, en décèle d'autres à des degrés variables, à d'autres moments et dans des conditions différentes, il faudra en conclure, si les premiers ont été reconnus au*

Digitized by Google

repos, que les derniers sont le résultat du mouvement plus ou moins rapide de l'entité en question.

III.

Encore quelques mots et nous en avons fini avec ces distinctions un peu métaphysiques mais absolument indispensables à notre sujet, comme on le verra bientôt.

On peut, au sujet des attributs que nous avons appelés *accidentels,* se poser la question de savoir s'ils appartiennent en réalité aux corps dans lesquels, ou à la faveur desquels, ils se manifestent. Ainsi la matière étant *inerte* ne peut se mouvoir d'elle-même dans aucune direction, et, si elle prend un mouvement quelconque, il faut en conclure qu'elle est soumise à l'action d'une force qui la pousse dans une direction déterminée. Le poids d'un corps n'est donc pas, à proprement parler, un attribut qui lui est propre, mais qu'il tire de l'action d'une force extérieure ou intérieure ; mais s'il n'y avait pas de *corps*, la force serait sans objet et il n'y aurait aucun phénomène du genre de la pesanteur. Cet attribut, ne pouvant se manifester en l'absence d'un corps matériel, peut donc à bon

Digitized by Google

droit être considéré comme lui appartenant, comme résidant en lui, *comme étant,* pour le moins, *un des signes qui le font reconnaître;* cela suffit pour le but à atteindre.

Le reflet blanc que nous renvoie un corps poli, quelle que soit sa couleur, est dans le même cas. Mais on peut dire encore qu'il n'y aurait pas de reflet s'il n'y avait pas de corps à surface polie; et, bien qu'en dernier résultat le phénomène ne se manifeste que par l'intervention d'une cause extérieure, l'existence du corps n'étant pas moins indispensable à la production du fait, on peut considérer celui-ci comme un attribut lui appartenant, *dépendant de lui* au même titre que le précédent.

Il en est encore de même de la couleur. Les corps reçoivent de la lumière blanche et nous la renvoient colorée; c'est aussi une propriété qu'ils ont de modifier la lumière, et, comme la couleur sous laquelle les corps nous apparaissent est *invariable dans les mêmes circonstances,* on peut encore la considérer comme un attribut qui leur est inhérent. En tous cas, pour se faire de l'*attribut accidentel* une idée juste et complète tout à la fois, il suffit de sous-entendre que son apparition exige le concours de deux entités : le corps considéré auquel nous le rapportons, puis un autre corps inconnu ou une *force,* comme dans le cas de la pesanteur.

Digitized by Google

Cette analyse des attributs ne change rien aux caractères que nous leur avons reconnus précédemment et en particulier à leur rôle d'être les signes *dépendant des corps* perçus par les sens, au moyen desquels nous nous assurons de la présence des objets extérieurs et les distinguons les uns des autres. Mais elle nous les fait mieux connaître, elle nous donne la raison de leur coexistence, elle excite notre attention sur la question de savoir quels sont les agents auxiliaires qui dans chaque cas établissent une communication entre les objets et nos sens. Elle nous sollicite à les chercher, à les étudier dans les circonstances où ils se rencontreraient avec une physionomie particulière qui nous permettrait d'en saisir plusieurs faces, de les décrire et de les nommer. Nous aurons bientôt l'occasion de nous livrer à une investigation de cette nature.

IV.

Nos moyens de distinguer une entité ainsi complétés, essayons de les appliquer aux fluides dits impondérables.

Remarquons d'abord que la lumière ne nous apparaît jamais sans chaleur; et, si nos sens étaient plus subtils, nous

Digitized by Google

trouverions aussi qu'il n'y a jamais de chaleur sans lumière. Ainsi un morceau de fer rougi au feu dégage, avec de la chaleur, de la lumière à divers degrés et de moins en moins à mesure que la température s'abaisse. Lorsqu'il est encore très-chaud, il ne nous paraît déjà plus lumineux, au jour; il l'est encore un peu dans l'obscurité. A une température un peu plus basse, il ne nous paraît plus lumineux d'aucune façon; mais il l'est encore probablement, et si nous ne le percevons pas, cela n'est dû qu'à la faiblesse de nos organes d'ailleurs émoussés par une lumière habituellement très-vive. Ce qui le prouve, c'est qu'il n'y a pas d'*obscurité absolue* et que nous finissons par distinguer des objets dans celle que nous appelons *la plus profonde*. Cela peut-il tenir à autre chose qu'à ceci, à savoir : que les corps qui nous entourent, n'étant ainsi que nous-mêmes jamais privés d'une certaine quantité de chaleur, ils émettent toujours une certaine quantité de lumière, si petite qu'elle soit?

La chaleur et la lumière coexistent donc forcément et distinctement. Il est, dès lors, de toute évidence que ce sont des attributs et non des entités. Comme en outre ils apparaissent à des degrés variables, suivant les circonstances, il faut en conclure qu'*elles sont les impressions produites sur nos organes par le mouvement plus ou*

Digitized by Google

moins rapide de l'entité à laquelle elles appartiennent.

Ce point important éclairci, il ne nous reste plus qu'à déterminer quelle est cette entité.

V.

La *chaleur* et la *lumière* seraient-elles des attributs des corps dans le sens que nous avons précisé tout-à-l'heure ? En d'autres termes, sont-elles les *signes dépendant des corps, au moyen desquels nous nous assurons de leur présence ?* Non, puisque la lumière se produit par l'électricité dans le vide de la machine *en dehors des corps ;* puisque la chaleur qui rayonne *n'a pas de corps* pour véhicule ; puisque cette chaleur que nous percevons aussi au contact des corps y entre et sort comme l'eau d'une éponge ; et, comme d'un autre côté, la lumière est bien le moyen par lequel apparaît à nos sens un certain nombre d'attributs accidentels qui nous font reconnaître les objets extérieurs, elle doit toucher de très-près à l'une des entités auxiliaires dont il a été question tout-à-l'heure et dont le concours avec le corps est indispensable pour réaliser les attributs en question. Ici donc cette entité revêt cette physionomie particu-

Digitized by Google

lière que nouspressentions être plus particulièrement propre à nous en faire discerner la nature.

Dans cette vue, nous ferons remarquer que cette propriété de traverser tous les corps, quelle quo soit leur densité, indique que l'agent en question doit être d'une ténuité extrême. Or, ayant exclu toute idée de considérer la chaleur et la lumière comme des entités, nous ne connaissons guère que l'électricité qui puisse remplir ce rôle, à moins qu'il ne soit démontré que cet agent est aussi un attribut; mais il n'en est rien. L'électricité a tous les caractères d'une entité parfaitement définie : l'unité, la constance des attributs dans les mêmes circonstances, la faculté d'imprimer le mouvement et de le recevoir. En effet on l'isole dans les laboratoires, en couches plus ou moins épaisses sur des surfaces de métal; et dans ces conditions elle donne toujours lieu aux mêmes phénomènes d'attractiou et de répulsion. Elle reçoit le mouvement par le frottement ou le choc. Elle le communique, témoin le petit appareil dans lequel elle agit comme un gaz dans une roue à réaction ; témoins les phénomènes de transport chimique, les effets mécaniques considérables produits par la foudre ; or tout effet de ce genre ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une *masse* et d'une *vitesse*. Mais, comme la vitesse du fluide est énorme, on conçoit qu'il doit être

Digitized by Google

d'une densité à peine exprimable en chiffres. Pour s'en faire une idée, il suffit de rappeler que l'air, qui est un corps invisible et déjà assez peu pondérable, produit des effets mécaniques très-graves avec une vitesse de 46 mètres par seconde qui est celle de l'ouragan. Or la vitesse de translation de l'électricité peut être cent millions de fois plus grande; et, comme le travail mécanique a pour mesure le produit de la masse par le carré de la vitesse, il s'en suit que pour produire le même effet sous le même volume, la *densité* du fluide pourrait n'être que la centrilionième partie de celle de l'air. Quand cette densité serait un million de fois plus grande, la ténuité du fluide serait encore telle, qu'il passerait avec facilité à travers les corps les plus denses; ce que l'on comprendra aisément en se rappelant que l'eau sous une pression de 5 à 600 kilog. par centimètre quarré passe au travers de la fonte.

Ces faits suffisent amplement pour caractériser l'électricité et permettre d'affirmer sa *matérialité;* et nous avons lieu d'être étonné qu'ils aient échappé à un observateur aussi sagace que M. Grove, au point de lui faire dire que « l'hypothèse d'une *matière sans poids* (1) est à elle seule

(1) Il plait à M. Grove d'interpréter ainsi l'expression, fluide impondérable, et d'accoupler des mots qui hurlent de se trouver ensemble pour se donner le facile triomphe de démolir une idée qui ne supporte pas le plus léger examen.

une objection fatale à la théorie des fluides électriques » (p. 125 de l'ouvrage déjà cité). Mais il ne faut pas oublier que l'auteur anglais a besoin, pour sa théorie des *affections de la matière ordinaire,* de supprimer le fluide électrique.

Lorsque l'électricité émane d'une machine ou d'une pile et qu'on lui offre un canal par lequel elle puisse s'écouler, une baguette métallique, par exemple, elle le fait avec une vitesse extrême, en choquant violemment l'objet présenté ; et dans ces circonstances elle produit invariablement les phénomènes de *lumière,* de *chaleur* et de *son.* Lorsqu'elle se trouve accumulée dans les nuages en grandes quantités, elle donne lieu aux mêmes phénomènes avec une intensité considérable, qui est naturellement en rapport avec la quantité et de la tension du fluide. Il importe de remarquer que ces derniers attributs ne se manifestent que lorsque le fluide est visiblement animé *de grandes vitesses.* Ce qui confirme l'observation faite précédemment, que lorsqu'une entité au repos et reconnue par certains attributs constants en décèle d'autres variables dans des circonstances différentes, ces derniers sont le résultat du mouvement plus ou moins rapide de l'entité en question (1).

(1) Il n'est pas sans intérêt de rappeler que MM. Page et Marrion ont découvert qu'il se produit un son, lorsque le fer et l'acier sont rapidement

Donc la *lumière*, la *chaleur* et le *son*, sont les attributs manifestés par l'électricité en mouvement.

VI.

Nous avons déjà vu que deux de ces attributs, la *lumière*, la *chaleur*, quoique se manifestant souvent par l'intermédiaire des corps, n'avaient pas vis-à-vis d'eux ce caractère de dépendance propre à l'*attribut accidentel* des corps pondérables, comme la *forme*, la *couleur*. Nous avons à montrer qu'il en est de même du *son*. Ici nous rencontrons une théorie qui établit que le son est le résultat des vibrations des corps, et que l'air est le véhicule général par lequel ces vibrations sont transmises à l'organe de l'ouïe. C'est une erreur, les corps ne jouent pas dans la

démagnétisés (W. R. Grove, *Corrélation des forces physiques*, page 197), ce qui rentre directement dans notre démonstration, le magnétisme n'étant autre qu'un état particulier, une manière d'être du fluide électrique, comme on le verra plus loin.

Le phénomène du son a été observé également par M. Pouillet (voir son *Cours de physique*, tome I, p. 740) à la rupture d'un courant électrique. La détonation obtenue avec le grand appareil de Rumkorff est presque comparable à un coup de pistolet. Dans ce cas comme dans les autres, le son est sans doute produit par le dernier jet d'électricité franchissant la distance entre les deux fils, et rencontrant avec choc celui sur lequel il se précipite.

production du son le rôle qu'on leur attribue, et l'air n'est nullement le véhicule qui transmet le phénomène aux organes.

Lorsqu'on tire le canon, l'air dans le voisinage de l'appareil est fortement ébranlé, sans contredit; mais s'est-on rendu compte, si à la distance de deux mille mètres seulement, où la détonation s'entend très-distinctement, il subsiste encore la moindre vibration dans l'air? Et, cependant, pour expliquer le son à cette distance, d'après la théorie actuelle, il faut admettre que l'air y vibre encore avec la même vitesse, puisque, d'après cette théorie, les sons se propagent également vite, quels que soient leur *ton*, leur *timbre* et leur *intensité* (1). Que dire de l'expérience faite en 1822, par Arago et Prony, dans laquelle la distance des stations de Villejuif et de Montlhéry, où l'on tirait le canon, était de 18600 mètres? Personne, assurément, ne croira que l'air de l'une des deux stations fût le moins du monde agité par le coup de canon tiré de l'autre.

Remarquons d'ailleurs que, si le son était dû à l'air ondulant avec une vitesse de 340 mètres par seconde et l'amplitude d'oscillation qu'on lui attribue pour les sons graves, un coup de canon devrait produire, dans la direc-

(1) *Physique* de M. Pouillet, tome II, § 70, 1re édition.

Digitized by Google

tion où il est tiré, un terrible ouragan auprès duquel tous ceux que nous connaissons ne sont rien du tout, puisque la plus grande vitesse de l'air dans ceux-ci n'atteint pas 50 mètres par seconde.

Le gros bourdon d'un jeu d'orgue qui donne *au départ* des ondulations de 32 pieds, ou le premier accord d'un concert d'instruments à vent, devraient renverser tous les auditeurs comme des capucins de cartes. Il n'y a d'effets de ce genre enregistrés par l'histoire qu'un seul exemple, et encore est-ce de l'histoire ancienne, écrite dans les contrées orientales. On comprend de suite que nous voulons parler de la chute des murs de Jéricho, produite par le son de la trompette des Hébreux. Nous connaissons un grand nombre de personnes qui considèrent la croyance en ce récit comme une des plus grandes preuves de la crédulité humaine. Nous nous abstiendrons de nous prononcer là-dessus, de crainte d'être taxé d'hérésie; mais nous demanderons si l'on connaît beaucoup d'exemples de crédulité plus forts que celui que nous avons donné tous, en acceptant, dans la production du son, l'hypothèse scientifique de masses d'air vibrant avec la vitesse extraordinaire de 340 mètres par seconde, sans protester, sans reculer d'effroi à l'idée des conséquences extraordinaires qui devraient en résulter?

Digitized by Google

Ce qui précède paraîtra sans doute suffisant pour ôter à l'air le rôle qu'on lui attribue dans la production et la transmission du son. Or, comme il faut bien que le son soit produit et transmis par quelque chose, qu'il n'y a dans l'air, outre les gaz pondérables qui le composent, que l'électricité, on admettra, sans peine, que c'est dans le mouvement de ce *fluide exclusivement* que réside définitivement la cause de la production du son dans l'air et de sa transmission à l'ouïe ; d'autant plus, et nous insistons d'une manière toute particulière sur cette remarque, qu'il est le seul agent qui par sa densité infiniment faible soit capable de se mouvoir avec la vitesse constatée, sans qu'il en résulte, en général, une quantité d'action considérable et par suite une action mécanique funeste à un organe aussi délicat que l'ouïe, et même à l'organisme entier.

Nous aurons l'occasion de produire d'autres observations à l'appui de ce fait, qui pour nous est, dès à présent, suffisamment démontré. Mais nous sentons qu'avant d'aller plus loin nous devons soulager l'esprit des autres du poids de la seule expérience sur laquelle on a cru pouvoir se fonder pour entretenir l'opinion actuellement accréditée.

On se rappelle que cette expérience consiste dans un timbre résonnant sous la cloche d'une machine pneumatique et que l'on n'entend plus, quoiqu'il marche toujours,

Digitized by Google

lorsqu'on a fait le vide sous la cloche. Mais si en enlevant l'air on entraînait, par hasard, avec lui l'agent qui est la véritable cause du son et de sa transmission, que prouverait l'expérience en question ? Absolument rien. Avant donc d'en tirer une conséquence quelconque, il faudrait d'abord montrer qu'il reste sous la cloche du fluide électrique et que malgré sa présence le son ne se produit ni ne se transmet. Et encore, dans ce cas même, ne faudrait-il pas trop se hâter de conclure; car, qui nous dit que l'électricité isolée de la sorte ne jouit pas de la propriété de disperser dans tous les sens la quantité de mouvement reçue avec une telle rapidité et sous une forme telle, que les conditions nécessaires à la formation du son ne se réalisent plus ?

On voit donc, par là, qu'il s'en faut de beaucoup que l'expérience en question ait la valeur et la signification qu'on lui a prêtées. Nous aurons plus d'une fois l'occasion de faire des observations semblables sur d'autres expériences de physique, d'où l'on a tiré aussi des conclusions et des théories on ne peut plus contestables.

Digitized by Google

VII.

Sans nier que l'air ne joue un rôle utile dans la production du son et sa transmission, rôle dont nous indiquerons bientôt la nature, nous pouvons considérer comme établi que ce ne sont pas ses vibrations qui produisent les sons et les transmettent à nos organes. Nous avons encore à faire voir que les autres corps pondérables ne peuvent davantage avoir par eux-mêmes cette propriété, et que, de même que pour l'air, leur intervention, dans la production du phénomène, est due au fluide impondérable que tous recèlent à divers degrés.

Rappelons d'abord, en quelques mots, comment on se rend compte du fait de l'existence de ce fluide dans tous les corps.

La présence de l'électricité dans les corps est évidente pour le grand nombre de ceux dont on l'en tire par des procédés mécaniques ou chimiques. Mais il y a plusieurs raisons qui expliquent qu'il en est de même de tous les autres; c'est d'abord la porosité qui appartient à tous, quelle que soit leur densité; et en second lieu la présence en tous

Digitized by Google

lieux du fluide, son expansibilité, et son extrême subtilité qui, ainsi qu'on l'a vu au § V, lui permet de traverser avec facilité les corps les plus denses. Cela posé, puisqu'à part les sons produits par les mouvements naturels de l'électricité dans les machines spéciales ou dans la foudre il n'y a pas de son émanant d'instruments à vent sans un ébranlement local de l'air très-apparent, il faut en conclure, l'air ne produisant ni ne transmettant le son par lui-même, qu'il a au moins pour fonction de communiquer, à l'agent spécial auquel le son est dû, le mouvement nécessaire à la production du phénomène. Or, quel autre rôle que celui-là peut-on attribuer à tous les autres corps pondérables, puisque la production du son est inséparable de sa transmission à l'organe de l'ouïe ? Dira-t-on que, de même qu'on l'avait supposé pour l'air, le son attribué aux corps solides est produit par des parcelles invisibles détachées de ces corps et venant frapper le tympan ? Cette idée, qui est insoutenable en présence de l'inaptitude de l'air à produire le phénomène, est pourtant la seule que l'on pourrait mettre en avant pour se passer de l'intervention du fluide électrique. Concluons donc que le rôle des solides comme celui de l'air, dans la production du son, consiste à mettre en branle l'électricité qu'ils recèlent ; celle-ci communique son mouvement à l'électricité atmosphérique par laquelle nous

en recevons définitivement l'impression. C'est ainsi seulement que l'on peut s'expliquer comment une cloche, donnant la même note que le gros bourdon d'un jeu d'orgue avec son onde aérienne de 32 pieds, le fait avec des mouvements de métal infiniment petits relativement, avec un ébranlement de l'air à peu près nul. Puisqu'il s'agit en dernier résultat, pour produire un son, d'imprimer au fluide une certaine quantité d'action, on conçoit que le métal beaucoup plus dense que l'air y parvienne avec un déplacement infiniment moindre de ses molécules ; cette explication est des plus simples et des plus naturelles. Elle est absolument impossible par la théorie actuellement en vigueur.

VIII.

Maintenant, en ce qui concerne la *lumière*, si l'on réfléchit que la quantité de fluide électrique augmente à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, et que l'on tienne compte de son expansibilité, de sa faible densité qui est telle que, selon la loi de la pesanteur, le fluide doit se superposer à l'atmosphère comme l'huile se superpose à l'eau dans un

vase, comme les gaz atmosphériques le font à l'égard de l'acide carbonique, qu'est-il besoin de remplir l'espace d'un fluide hypothétique appelé *Éther*, lorsque l'existence de l'autre est certaine et lorsque l'homme avec ses faibles moyens parvient déjà à lui faire produire une lumière égale en intensité au tiers de celle du soleil? Ajoutons que l'électricité, se mouvant dans un vase fermé (*œuf électrique*) dans lequel on a d'abord fait le vide, produit divers degrés de lumière augmentant avec la tension de l'air, et que cette lumière est blanche et brillante lorsque l'air y atteint la pression atmosphérique. Ce qui confirme l'idée que la lumière du jour est due au mouvement que l'électricité de l'atmosphère reçoit de l'électricité interplanétaire et solaire. Une seule chose a pu empêcher les savants d'attribuer à l'électricité le rôle qui lui est dû dans les phénomènes lumineux. C'est la théorie des deux fluides se neutralisant. Or nous ferons voir bientôt que cette théorie ne peut soutenir un examen sérieux.

Il est donc définitivement acquis à la discussion que l'électricité, que nous démontrerons plus tard être une *substance unique*, est l'agent qui par ses *mouvements variés* produit sur nos organes les sensations de *lumière*, de *chaleur* et de *son*. Il importe maintenant d'établir quelle est la nature de ce mouvement.

Digitized by Google

IX.

Le mouvement se traduit à nos sens sous deux formes la *vibration* et la *translation*.

Il y a dans les corps élastiques une relation très-simple entre ces deux formes de mouvement. Pour la saisir plus facilement, supposons un ressort à boudin, sans pesanteur pour ainsi dire, posé librement sur un appui. Si l'on vient à presser ce ressort et qu'on le lâche ensuite, il se détendra et s'élancera dans l'espace. Si au contraire il était retenu par une extrémité, celle par laquelle il repose, le mouvement de translation ne pouvant s'effectuer se transformerait en une série d'oscillations qui représente ce qu'on appelle le mouvement vibratoire; mais si, pendant qu'il vibre encore, on rompait le lien qui l'attache, il reprendrait immédiatement un mouvement de translation. On voit par là que, suivant les circonstances, un mouvement vibratoire peut se transformer en mouvement de translation et réciproquement. Il est à peine besoin de faire remarquer que, suivant la résistance rencontrée, un certain mouve-

Digitized by Google

ment vibratoire du ressort pourrait se transformer en un autre plus ou moins rapide.

Ceci posé, si nous ébranlons l'air ou un solide quelconque par un choc et qu'ils soient empêchés par un obstacle dans le mouvement de translation qu'ils tendraient à prendre, ils vibreront sur place. Nous savons, par expérience, que c'est dans ces circonstances que le fluide électrique reçoit le mouvement qui produit le son.

Maintenant ce mouvement reste-t-il à l'état vibratoire ou se transforme-t-il en mouvement de translation, et est-ce sous cette forme que nous percevons la sensation du son? Il n'y a pas de doute que c'est sous la première. Si en effet le mouvement vibratoire reçu par le fluide se transformait en un mouvement de translation, un choc produit par un timbre n'apporterait probablement à l'oreille qu'un bruit sans continuité; ou bien, si la continuité se produisait dans une certaine mesure, elle ne proviendrait évidemment que d'un obstacle offert par le tympan à la file élastique de molécules électriques qui viendrait le frapper. Mais alors il y aurait des vibrations répétant un certain nombre de fois, dans un temps donné, la première impression produite. On aperçoit de suite ici l'utilité des vibrations. On voit que sans elle il n'y a pas d'impression durable possible ; il y a bruit, il n'y a pas de son musical. On voit

également que l'air, étant un obstacle au mouvement de translation du fluide, le transforme en vibrations ou entretient celles qu'il a reçues; que, concentrant le mouvement dans une étendue relativement limitée, il permet à la quantité de mouvement, aux vibrations dont sont affectées les cordes électriques, d'acquérir une plus grande amplitude et contribue ainsi à renforcer le son. On s'explique par là pourquoi, en approchant d'un corps vibrant une capacité quelconque de bois ou de métal circonscrivant un volume limité d'air et de fluide, le son augmente d'intensité, et pourquoi au contraire il diminue à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère.

La vibration est donc le caractère essentiel du fluide électrique nous transmettant l'impression du son; et, comme les vibrations des corps, d'où celles du fluide dérivent, sont plus nombreuses et leur amplitude moindre à mesure que le son est plus élevé, il est évident qu'il doit en être de même de celles de l'électricité.

X.

Si maintenant nous considérons un corps comme une barre de fer, par exemple, mise en vibration sonore par

Digitized by Google

le choc ou le frottement, et que nous augmentions graduellement l'intensité et la rapidité du frottement, ses vibrations et, par suite, celles du fluide qu'il recèle, augmenteront naturellement. Mais il arrivera un instant où l'on percevra sur le corps une sensation de chaleur qui, non-seulement, ira toujours en croissant, si l'on pousse plus loin l'action accélératrice des vibrations, mais qui sera bientôt accompagnée de lumière. Il n'est pas inutile de rappeler ici que le fluide électrique passant d'un fil sur un autre très-voisin se précipite en masse sur celui-ci ; ce qu'il ne peut faire *sans choc* et sans vibrations, par conséquent, et qu'il produit, avec le son, une lumière et une chaleur des plus intenses. Ajoutons encore que c'est dans des circonstances semblables, par le mouvement et le choc et conséquemment par les vibrations d'une plus grande masse de ce même fluide, que les phénomènes du son, de la lumière et de la chaleur de la foudre se manifestent ; que c'est par lui, par ses vibrations, que l'homme est déjà arrivé à obtenir une lumière égale en intensité au tiers de la lumière solaire. Il n'y a pas de doute que ce résultat ne soit tôt ou tard dépassé.

Il ressort assez clairement de ce qui précède, que le genre de mouvement à l'aide duquel l'électricité manifeste les attributs importants du *son*, de la *chaleur* et de la

Digitized by Google

lumière, sont des mouvements vibratoires augmentant en rapidité en passant de l'un à l'autre dans l'ordre où nous venons de les rappeler.

Nous pouvons aussi dire que la *sensation* au moyen de laquelle nous percevons ces phénomènes n'est vraisemblablement que le résultat de l'incorporation dans nos divers organes du fluide électrique à un état spécial de tension et de vibration ; et que la *nature* de la sensation dépend du nombre de vibrations dans un temps donné, tandis que son *intensité* dépend de la tension du fluide et de l'amplitude des vibrations.

XI.

Mais nous ne pouvons omettre de faire remarquer qu'outre les phénomènes précédents, observés à l'aide des appareils ordinaires de la physique (pile ou machine électrique), le fluide en question dégage une odeur fade particulière, qui se rapproche assez de celle du phosphore. Dans l'électricité de la foudre, on retrouve cette même odeur et quelquefois aussi celle du soufre enflammé. Quelle est la cause de ce phénomène ? Ne serait-il pas dû,

Digitized by Google

comme les autres, à un état vibratoire particulier du fluide? Il y a plus que de simples présomptions pour qu'il en soit ainsi; car le fait de l'odeur, dans les cas que nous venons de rappeler, en est une première preuve. Nous pouvons y ajouter celle résultant de l'odeur dégagée par les poëles en fonte avant d'arriver à la chaleur rouge, ou par la pelle à main en tôle sur laquelle on dépose des charbons enflammés. Ces odeurs sont peu variées, il est vrai; mais les mêmes circonstances ne peuvent donner lieu à des effets différents. Et il suffit .que nous ayons montré que le fluide électrique, par ses vibrations, produit plusieurs odeurs, et comment il le fait, pour que l'on puisse rigoureusement les lui attribuer toutes; de même qu'ayant la propriété de produire un son déterminé, par un certain nombre de *vibrations* ayant une certaine *amplitude*, il les produit tous par les modifications de ces deux termes du mouvement vibratoire. Aussi, peut-on prévoir qu'il viendra un temps où une connaissance plus parfaite de cet agent extraordinaire et des moyens de le modifier nous permettra d'en tirer toutes les odeurs, comme nous le faisons pour les sons et les couleurs, à l'aide d'instruments spéciaux.

Si maintenant nous passons en revue les organes qui nous apportent les sensations appartenant à la vision, à

Digitized by Google

l'ouïe, au toucher pour ce qui concerne la chaleur, à l'odorat, nous reconnaissons que les divers effets qu'ils nous transmettent tiennent à leur aptitude à recevoir, chacun en particulier, une certaine catégorie de vibrations du fluide électrique. En présence d'une si admirable simplicité dans la cause, et d'une si étonnante variété dans les effets, est-il possible d'admettre un instant que l'organe du goût, seul, échappe à la règle générale? Non, sans doute. En ce qui nous concerne, cette simple induction nous suffit, et aucune démonstration mathématique ou expérimentale du fait n'ajouterait rien à notre conviction sur ce point. Rappelons seulement, pour les gens difficiles à convaincre, que lorsqu'on a posé un morceau de cuivre sur la langue et un autre métal dessous, la sensation du goût particulier au cuivre n'apparaît franchement et avec intensité que lorsqu'on les met en contact et qu'il y a, par suite, production d'un courant électrique.

Concluons donc, sans hésitation, que toutes nos sensations sont dues à diverses catégories de vibrations du fluide électrique ne différant entre elles que par leur nombre et leur amplitude.

Digitized by Google

XII.

Nous avons vu comment, en imprimant des mouvements vibratoires allant en croissant à une barre de fer par le choc ou le frottement, mais surtout par ce dernier moyen, l'électricité du solide nous donnait successivement les impressions du son, de la chaleur et de la lumière. Nous ne pouvons mieux clore cette première partie de notre sujet qu'en le confirmant par une expérience inverse qui en est la contre-épreuve, dont personne n'a encore donné d'explication satisfaisante et qui, d'après ce qui précède, n'en exigera aucune de notre part. Il résulte, en effet, des notions nouvelles que nous avons exposées, que si, par un moyen quelconque, le chauffage ordinaire, ou un courant électrique, nous mettons une barre de fer à l'état de vibration lumineuse, et que nous laissions ensuite ces vibrations s'éteindre graduellement en prenant les précautions nécessaires pour qu'elles ne soient pas, au moment favorable, contrariées par l'approche et le contact d'autres corps solides, ce que l'on obtient en faisant reposer la barre par une extrémité sur un autre métal et la retenant

Digitized by Google

à l'autre extrémité, cette barre devra successivement nous donner l'impression de la lumière blanche et de la chaleur, d'une ou plusieurs lumières colorées avec chaleur, de chaleur sans lumière apparente et enfin *du son*. Cela est incontestable pour les deux premières catégories de phénomènes. Çà l'est également pour le son, mais c'est moins connu. Cependant, nombre de ménagères savent qu'en faisant refroidir brusquement la tringle en fer qui sert à tuyauter leurs bonnets, et qu'elles ont laissé rougir par mégarde, il arrive fréquemment que cette barre fait entendre un son. Mais comme on pourrait récuser cette autorité, nous renverrons à l'intéressant article publié par M. le docteur Figuier sous le titre de *Métaux chanteurs*, dans le tome II de son Année scientifique 1858, et dans lequel sont rapportés un grand nombre de faits vérifiés entre autres par Faraday et qui mettent la production du phénomène tout à fait hors de doute.

Le fait avait été découvert, il y a déjà cinquante ans, par un inspecteur des fonderies en Saxe, M. Schwartz. M. Arthur Trevelyan renouvela de son côté la même découverte. M. Figuier rapporte en ces termes les circonstances dans lesquelles le phénomène se produisit : « M. Trevelyan venait « de retirer une barre de fer d'un bain de poix bouillante « et il appuya par hasard l'extrémité de cette barre sur

« un bloc de plomb qui se trouvait par terre. Tout aussitôt « des sons aigus comme ceux du clairon se firent enten- « dre. Fort surpris, M. Trevelyan regarda autour de lui et « au dehors sans voir personne ; il parcourut toute la mai- « son pour découvrir l'origine de ces sons mystérieux, et « il fut bien forcé de reconnaître que le musicien cherché « n'était autre que la barre de fer qui, en se refroidissant « appuyée sur le bloc de plomb, chantait elle-même ce « mélodieux solo ».

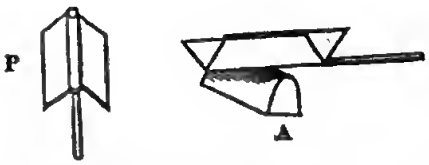
A la suite de cette découverte, M. Trevelyan procéda à une série d'expériences qui établirent le fait de la manière la plus incontestable.

Nous n'avons jamais entendu dire que ces expériences aient été répétées en France. En tous cas, bien que le fait remonte déjà à une époque assez ancienne, il n'en est pas fait mention dans les ouvrages de physique les plus récents (1). Il y a lieu de s'en étonner, c'est en effet, pour ceux qui ont suivi attentivement l'enchaînement de nos

(1) Nous devons dire cependant que notre ancien professeur, Péclet, dans la 3e édition de son traité de physique (p. 375), publiée en 1838, mentionne le fait avec des détails qui permettent de refaire les expériences, et qu'il y a, pour cette raison, un grand intérêt à reproduire.

« En 1829, M. Trevelyan a découvert un phénomène fort remarquable « qui se produit dans le contact de deux métaux à des températures diffé- « rentes et qui paraît dépendre de la conductibilité. Voici l'expérience dé- « crite par M. Trevelyan. On prend un bloc de plomb A, arrondi par la partie

déductions, une véritable démonstration expérimentale de l'identité de l'agent qui produit le *son*, la *chaleur* et la



« supérieure (1/2 pouce d'épaisseur, « 2 pouces de hauteur, 4 pouces « de longueur), et une plaque « de cuivre P pliée en gouttière « et terminée par une mince tige « en fer qui lui sert de manche « (plaque, 5 pouces de longueur, 2 pouces de largeur, 3/8 de pouce d'épais- « seur; tige de fer 6, pouces de longueur); on met en équilibre cette « barre dans une position horizontale sur le bloc de plomb; on chauffe « une des extrémites de la barre avec une lampe à alcool : après quelques « minutes la barre se met à vibrer en produisant un son musical : la plaque « de cuivre, étant préalablement chauffée à une haute température, vibre « aussitôt qu'elle est mise en contact avec le bloc de plomb; la vitesse et « l'amplitude des vibrations varient avec la nature des métaux, la tempé- « rature de la barre échauffée, sa forme, ses dimensions, et beaucoup d'au- « tres circonstances inconnues. Les vibrations sont plus fortes quand les « surfaces de contact sont raboteuses que lorsqu'elles sont lisses; quand « elles sont parfaitement polies, l'effet est nul. Un corps quelconque non « métallique, quelque mince qu'il soit, interposé entre les deux corps, « anéantit les vibrations. L'acuité du son augmente par la pression exercée « sur la barre vibrante. D'après M. Forbes, le son musical ne se produit « qu'autant qu'il existe un sillon, soit dans la barre échauffée, soit dans le « bloc, tracé de manière que les points de contact de la barre et du bloc « soient divisés en deux compartiments distincts. Ces vibrations n'ont « jamais lieu qu'entre deux métaux de nature différente. Il range dans « l'ordre suivant les métaux sous le rapport de l'intensité des vibrations « auxquelles ils donnent naissance quand ils sont en contact avec le « plomb : *argent pur, cuivre, or d'essai, zinc, laiton, fer, étain, anti-* « *moine, bismuth*; ces deux derniers ne vibrent pas. M. Forbes admet que « l'intensité des vibrations qui ont lieu par la superposition des deux mé- « taux est proportionnelle (du moins dans de certaines limites) à la diffé- « rence qui existe entre le pouvoir conducteur de ces métaux pour la cha- « leur, le métal qui a le moindre pouvoir conducteur devant être néces- « sairement le plus froid. M. Knight a reconnu qu'en versant une certaine « quantité de métal fondu, étain, plomb, bismuth, etc., dans une tasse

lumière, sans compter l'odeur que l'on eût observée également, sans doute, si l'attention avait été appelée, ainsi que nous nous venons de le faire, sur la parenté étroite qui relie ces divers phénomènes.

XIII.

Espérons que cet oubli sera réparé et que nous verrons bientôt les expérimentateurs poussés dans cette voie apporter tous les jours de nouveaux faits à l'appui de notre démonstration. En attendant, convaincu que ce qui abonde, en fait de preuves, ne nuit pas; et, persuadé qu'avant de se ranger tout à fait de notre avis on voudra voir en général l'électricité, envisagée comme nous l'avons fait, rendre compte de tous les phénomènes de la physique, nous irons

« hémisphérique de cuivre, de fer ou de laiton reposant sur un morceau « de plomb ou tout autre métal, la capsule qui n'a qu'un léger contact « avec le support vibre jusqu'à ce que l'équilibre de température soit « établi. »

« MM. Leslie et Faraday ont cherché à expliquer ces phénomènes en ad- « mettant que l'expansion du métal froid, au moment de son contact avec « le métal chauffé, donnait naissance à une impulsion qui produisait le « mouvement vibratoire. M. Forbes admet que, dans le passage de la « chaleur d'un corps dans un autre moins bon conducteur, il se développe « une force répulsive ; mais ces explications sont bien peu satisfaisantes. »

au devant de ces préoccupations et nous reprendrons successivement les divers chapitres de cette science, pour en discuter les questions principales et fournir, à l'appui de notre thèse, toutes les justifications que nous pourrons. Nous commencerons par l'acoustique dans ses rapports avec la lumière, parce que nous y trouvons l'occasion de formuler la loi générale qui semble régir toutes les manifestations du fluide électrique, et que d'ailleurs en montrant le lien intime qui relie les deux catégories de phénomènes les plus éloignés, les autres se concevront de reste. Et nous aurons fait ainsi, nous l'espérons, un pas décisif sinon définitif dans toutes les convictions.

En attendant, mettant un instant de côté les raisons et les faits sur lesquels nous nous sommes appuyé et nous reportant à la simplicité admirable des moyens que la Nature met en œuvre pour résoudre les problèmes les plus délicats et que la science nous révèle à mesure qu'elle fait un pas en avant ; remarquant, d'un autre côté, dans l'industrie les effets si variés produits par *un même moteur* dont l'action est modifiée suivant la *forme des récepteurs de la force motrice ;* et enfin revenant à la machine humaine dans laquelle nous discernons, entre autres, cinq récepteurs *différents pour nos diverses sensations;* pouvons-nous admettre un instant que la Nature se soit montrée

Digitized by Google

moins intelligente que l'homme qui est son œuvre et qu'elle ait employé *cinq moteurs* différents, là où nous concevons clairement qu'un seul peut suffire? Peut-on méconnaître que le système que nous avons exposé dans les pages précédentes ne tire déjà de ce simple rapprochement un degré de probabilité très-voisin de la certitude ?

Dans le nouvel ordre d'idées, la physique, la chimie, la physiologie ne sont plus qu'une extension de la mécanique. Il n'y a partout en effet, ainsi que nous le reconnaîtrons de plus en plus à mesure que nous avancerons, que *forces, équilibre, mouvements, transformation de mouvements, actions mécaniques* dont les résultats sont une modification des corps inertes, une modification continuelle, définitive ou accidentelle et temporaire des tissus et des organes. Mais il y a toujours aussi, au milieu de tout cela, des agents qui président à tous ces changements, qui les voient, les sentent, les jugent... Il y a là de nouveaux attributs qui, eux aussi, réclament leur entité. Nous en parlerons plus tard...

Digitized by Google

CHAPITRE II

CONFIRMATION DE LA DÉMONSTRATION GÉNÉRALE QUI PRÉCÈDE PAR L'EXAMEN, FAIT AU POINT DE VUE DE LA NOUVELLE THÉORIE QUI EN RÉSULTE, DES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES DE LA PHYSIQUE.

XIV.

Après avoir démontré que toutes nos sensations proviennent des actions mécaniques imprimées aux organes auxquels elles correspondent par un même agent vibrant avec des vitesses variables, la première question qui se présente à résoudre est celle de savoir s'il y a une loi générale qui relie les deux termes de ces vitesses, c'est-à-dire le *nombre de vibrations* dans un temps donné et *leur amplitude* et quelle est cette loi.

Pour y arriver, si cela est possible, rappelons-nous quels sont les éléments de la question qui nous sont défini-

Digitized by Google

tivement acquis. En premier lieu nous avons fait voir, par le frottement ou le choe auquel on soumettait une barre de fer, qu'en passant du son à la chaleur obscure, de celle-ci à la chaleur lumineuse, le nombre de vibrations de la barre et de son fluide allait toujours en augmentant comme cela doit être, sous l'empire d'une cause accélératrice du mouvement. En second lieu, nous savons d'une part par l'expérience d'Arago et de Prony que le son du canon se transmet dans un air calme avec une vitesse de 340 mètres par seconde; d'autre part, nous savons aussi, par la durée des éclipses d'un des satellites de Jupiter observée, dans deux positions extrêmes de notre planète dans son mouvement orbitaire, que la vitesse de transmission de la lumière blanche réfléchie est de 320 millions de mètres par seconde. C'est de ce rapprochement que l'on tire, pour commencer, cette notion générale que, pour produire tous les phénomènes intermédiaires entre le son le plus grave observé et la lumière blanche solaire, le fluide électrique devait nécessairement prendre une série infinie de vitesses variables, d'où résultent les impressions si diverses que nous en ressentons. Il suit de là que s'il y a une relation générale entre le *nombre de vibrations* et *leur amplitude*, cette relation ne saurait être représentée en égalant le produit de ces deux termes à une constante, c'est-à-dire par

Digitized by Google

une hyperbole ordinaire rapportée à ses asymptotes.

C'est pourtant à ce résultat qu'il faudrait aboutir si l'on admettait comme démontrée l'opinion depuis longtemps accréditée en physique et qui consiste à dire : « *Que les* « *sons quels que soient leur ton, leur timbre, et leur in-* « *tensité se propagent dans l'air avec la même vitesse.* »

On sait que cette assertion repose sur cette observation: « C'est que, si les sons graves, par exemple, prenaient « l'avance sur les sons aigus, la mesure serait bientôt rom- « pue et, pour les observateurs écoutant un concert, ce qui « à dix pas serait une harmonie serait à cent pas une « insupportable cacophonie (1). »

D'autres physiciens citent à l'appui de cette manière de voir une expérience de M. Biot, dans laquelle ce vénérable savant, ayant fait jouer de la flute à l'extrémité d'un tuyau de 915 mètres de longueur, avait observé que les sons gardaient leur rhythme à l'autre extrémité.

Nous reviendrons plus loin sur ces expériences en nous bornant, quant à présent, à faire observer qu'elles ne prouveraient rien du tout, si la différence de vitesse des sons qui se produisent dans un chœur, dans un orchestre, ou dans une mélodie jouée par un seul instrument était

(1) Physique de M. Pouillet, tome II page 59. (Septième édition 1856).

Digitized by Google

assez petite à la distance où on les écoute, et eu égard aux circonstances spéciales du fait observé, pour être absolument inappréciable à l'oreille. Or nous espérons montrer que c'est là justement ce qui arrive.

XIV.

Ecartons donc, pour le moment, l'opinion au moins contestable que nous venons de rappeler et ne nous attachons qu'aux faits rigoureusement démontrés par l'expérience et relatifs aux sons et à la lumière. Ces faits sont au nombre de quatre : 1° la vitesse du son du canon que, sans erreur sensible, nous croyons pouvoir assimiler au sol_2 de la voix de l'homme à son maximum d'intensité ; 2° le nombre de vibrations correspondant à un son donné tiré de la Sirène ou de la roue dentée de Savart ; 3° la vitesse de la lumière blanche réfléchie, tirée des observations de Rœmer, astronome suédois ; 4° l'amplitude de la vibration de la lumière rouge, déduite de l'observation du spectre solaire par Frauenhofer et Fresnel.

Puisque les vitesses de transmission du fluide correspondant à ses diverses manifestations sont variables,

relation entre ces deux termes, y nombre de vibrations, x l'amplitude de ces vibrations, doit pouvoir être représentée par une courbe hyperbolique se rapprochant plus rapidement de l'axe des x que de l'axe des y. On sait qu'une courbe de cette nature est représentée par l'équation :

$$y = \frac{a}{x^2} \qquad \text{(A)}$$

équation dans laquelle nous allons introduire une valeur de a déduite de la vitesse expérimentale du son que nous avons assimilé au sol_2. Nous essaierons ensuite de nous rendre compte si elle donne, quant aux divers sons de l'échelle musicale et à la vitesse de la lumière, des résultats d'accord avec l'observation.

On tire d'abord de cette équation

$$a = yx^2 ; \qquad \text{(B)}$$

d'un autre côté, comme l'on a toujours comme expression de la vitesse de transmission V

$$x \times y = V,$$

ou bien

$$x^2 y^2 = V^2$$

Il en résulte que

$$x^2 = \frac{V^2}{y} ;$$

reportant cette valeur de x dans l'équation (B), il vient . .

Digitized by Google

$$a = \frac{V^2}{y}. \qquad (C)$$

Appliquant à cette dernière formule la vitesse du son de 340 mètres par seconde et le nombre 396 qui est celui des vibrations du sol_2 on obtient :

$$a = \frac{(340)^2}{396} = \frac{115600}{396} = 292.$$

La formule (A) devient par conséquent

$$y = \frac{292}{x^2}. \qquad (D)$$

ou si l'on veut avoir y en fonction de la vitesse

$$y = \frac{V^2}{292}. \qquad (E)$$

XVI.

Si l'on applique maintenant ces formules à la question de savoir quelle doit être la vitesse de transmission de la lumière rouge du spectre solaire dont les vibrations ont, d'après les observations de Frauenhofer et les calculs de Fresnel, une amplitude de 645 millionièmes de millimètres, on tirera d'abord de la première (D) le nombre de vibrations correspondant à cette amplitude, c'est-à-dire

Digitized by Google

$$y = \frac{292}{(0{,}000000645)^2} = 704\ 283\ 000\ 000\ 000$$

approximativement ; et mettant alors pour y cette valeur dans la formule (E) on en tirera la vitesse de transmission

$$V = \sqrt{292 \times 704\ 283\ 000\ 000\ 000} =$$

$$= \sqrt{205\ 640\ 036\ 000\ 000\ 000} = 453\ 000\ 000 \text{ m.}$$

au lieu de la vitesse de 320 000 000 m. observée comme étant celle de la lumière réfléchie par un satellite de Jupiter. Mais nous ferons observer, de suite, que cette différence est parfaitement justifiée soit par l'incertitude du point de départ, soit par le fait que la lumière forme des gammes dont les rayons blancs sont les notes à l'octave, et les rayons colorés les notes intermédiaires ; et que, dès lors, de même qu'il doit se rencontrer des lumières blanches d'une intensité différente se transmettant avec des vitesses d'autant moindres qu'elles sont plus faibles, c'est-à-dire placées plus bas dans l'échelle des gammes lumineuses ; de même, il doit exister des lumières rouges supérieures en vitesse à certaines lumières blanches. Or, dans le cas qui nous occupe, la lumière rouge observée est celle qui résulte directement de la première atténuation de la lumière blanche solaire la plus intense ; tandis que l'autre n'est que de la lumière blanche réfléchie. La

Digitized by Google

première doit donc être supérieure en vitesse à la seconde.

Ainsi donc, on peut dire que le résultat auquel nous venons d'arriver offre une concordance suffisante avec la vitesse de la lumière blanche déduite directement de l'observation. Et si l'on se rappelle que nous l'avons obtenu en appliquant au mouvement de la lumière une formule déduite du mouvement du son, pourra-t-on nous refuser ce témoignage : que cette concordance singulière, inattendue, peut être considérée, dans une certaine mesure, comme une nouvelle confirmation du système qui attribue au même agent les deux ordres de phénomènes les plus éloignés, les plus différents en apparence, dont se soit jamais occupé la physique et que personne jusqu'ici, à notre connaissance, n'avait soupçonné être rattachés par un lien quelconque. Ce résultat rapproché de l'expérience de la barre de fer qui, par une atténuation de vibrations, fait entendre un son après avoir été lumineuse, montre le plus clairement du monde que ce lien existe. On en trouve encore la preuve dans ce fait d'observation générale que les sons se propagent mieux la nuit que le jour; ce qui montre que les vibrations lumineuses contrarient les vibrations sonores, et se conçoit aisément dès qu'il s'agit de deux ordres de vibrations du même agent s'exécutant

Digitized by Google

dans le même espace. Cette même identité de l'agent qui produit le son et la lumière explique également comment il se fait que les vibrations sonores non-seulement se réfléchissent comme les vibrations lumineuses et calorifiques, mais se réfractent comme elles, ainsi que l'ont prouvé les expériences récentes de M. Sondhauss, physicien allemand. On voit par là que tous les faits de physique connus concourent, ainsi que nous l'avions annoncé, à renforcer notre démonstration générale en ce qui concerne la parenté du son et de la lumière.

XVII.

Nous reviendrons maintenant à l'erreur d'acoustique qui attribue la même vitesse à tous les sons pour voir si l'application de notre formule aux différents sons de l'échelle musicale nous fera tomber dans la cacophonie dont nous menace la théorie en vigueur.

Admettons qu'il existe un salle de théâtre de 50 mètres de profondeur du milieu de l'avant-scène au fond des loges de face, ce qui est exhorbitant, la plus grande salle

Digitized by Google

qui existe, celle de Saint-Charles, à Naples, n'ayant que 26 mètres. Admettons qu'il s'y chante des chœurs dans lesquels les sons produits se maintiennent généralement à la distance de trois octaves et demi, ce qui ne se rencontre jamais.

Le sol_2 de la voix de l'homme aura une amplitude qui, d'après notre formule, sera exprimée par

$$x = \sqrt{\frac{292}{296}} = \sqrt{0,74} = 0,86.$$

L'ut_5 de la voix de femme par

$$x' = \sqrt{\frac{292}{2112}} = \sqrt{0,137} = 0,37.$$

La vitesse du premier son sera de

$$396 \times 0,86 = 340 \text{ mètres.}$$

Celle du second,

$$2112 \times 0,37 = 781 \text{ —}$$

Et par conséquent, le premier de ces deux sons mettra pour arriver à l'oreille de l'auditeur le plus éloigné. . . . . 147 millièm. de seconde.

Le second. . . . . 64 —

et la différence d'arrivée des deux sons sera de. . . . . 83 millièm.

assez exactement, $\frac{1}{12}$ de seconde.

Digitized by Google

Ainsi donc, dans des circonstances impossibles, irréalisables, et en supposant qu'il n'y ait pas d'autres causes qui tendent à la diminuer très-notablement, la différence dans l'arrivée des sons à l'oreille serait au-dessous de ce qu'un auditeur exercé remarque fréquemment entre les notes des basses et des dessus attaquant le même accord, par suite de l'imperfection habituelle dans l'exécution. Nous disons même que, cette différence fût-elle plus grande de moitié, il ne s'en suivrait pas pour cela une cacophonie, à moins d'une vitesse extrême dans les deux accords successifs. Le plus souvent il en résulterait une espèce d'arpège qui est un moyen musical souvent employé pour les instruments, et qui est d'un effet agréable à l'oreille.

Mais s'il en est ainsi déjà dans des conditions exceptionnelles que nos maestro se garderaient bien d'admettre, qu'arriverait-il si nous remplaçions ces écarts de voix exhorbitants par les intervalles ordinaires, de tierces, quintes, octaves et d'un octave et demi au plus? En prenant, par exemple, comme écart maximum habituel le sol_3 de 792 vibrations et l'ut_5 comme ci-dessus. La vitesse du premier son serait de 484 mètres, et celle du second de 780.

Le premier son mettrait donc pour parvenir jusqu'à

l'oreille.	104	millièmes de seconde
et le second.	64	millièmes de seconde
Différence.	40	millièmes de seconde

soit à peine $\frac{1}{24}$ de seconde.

Dans un théâtre comme celui de l'Opéra à Paris cette différence tomberait au-dessous de $\frac{1}{60}$.

Si l'on tient compte de ce fait que la formule donne la vitesse des sons à leur maximum d'intensité, ce qui implique que cette vitesse varie avec l'intensité, comme nous le ferons voir tout-à-l'heure, et que par conséquent la différence de vitesse des sons trouvée est toujours un maximum; que cette différence est encore augmentée par des distances d'audition et des intervalles de sons inusités; et que nonobstant ces circonstances défavorables on arrive encore à ce résultat qu'il n'y a pas d'enjambement possible d'un son sur l'autre entre les sons émanant de divers instruments, on comprendra aisément que dans les circontances ordinaires, où les différences de vitesse sont atténuées en prenant la précaution de compenser la faiblesse du son de certains instruments par leur nombre, comme nous le verrons plus loin, on arrive dans tous les cas à l'harmonie malgré des écarts de ton considérables.

Digitized by Google

Cependant il ne faudrait peut-être pas s'y fier entièrement pour des musiques militaires, par exemple, faites pour être entendues à de grandes distances. Il nous est arrivé plus d'une fois d'avoir les oreilles offensées par cette musique et de nous soustraire à ce fâcheux effet en nous en rapprochant. L'effet en question était-il dû à la différence de vitesse des sons ou à une mauvaise exécution? Il pourrait bien y avoir de l'un et de l'autre. Mais il semble que ce doit être en partie pour assurer l'égalité dans la transmission des sons que, dans un grand nombre de pas redoublés, et ce sont les plus agréables à entendre, les chefs de musique ont pris, sans doute instinctivement, le soin de faire exécuter le même air, à l'unisson, par tous les instruments de cuivre à la fois. L'effet produit résulte surtout alors du mélange des timbres, de la puissance du son, de la beauté et de la simplicité du chant.

Il ne nous reste plus maintenant à examiner que l'expérience de M. Biot qui, d'après les physiciens, confirme l'égalité de vitesse de tous les sons. Nous espérons prouver que cette expérience n'a nullement cette signification.

XVIII.

Mais, avant d'aborder cette expérience, nous avons deux questions préjudicielles à examiner et à résoudre. D'abord celle de savoir si un même son a toujours la même amplitude et par suite la même vitesse, et ensuite s'il est vrai de dire que les sons se propagent avec la *même vitesse quelle que soit leur intensité.*

Puisque les sons s'éteignent graduellement en nous impressionnant de la même manière, sauf dans leur intensité, il faut bien que de ces deux éléments, *nombre* et *amplitude* des vibrations, il y en ait un qui varie à chaque instant ; et il ne peut y en avoir qu'un seul, sans cela rien ne resterait absolument de ce qu'il faut pour que l'oreille fût frappée d'une manière semblable dans deux intervalles de temps les plus rapprochés.

Or la vibration des cordes, d'une part, montre que l'élément variable est bien réellement l'amplitude des vibrations, tandis que la Sirène de Cagniard de Latour, et la roue dentée de Savart indiquent assez clairement que le ton ne dépend que du nombre des vibrations. Ajoutons

Digitized by Google

encore à cela le témoignage important de notre tympan, auquel il faut en définitive tout ramener et qui nous dit qu'il ne peut être impressionné à la fois que de deux manières: par le nombre de chocs qu'il reçoit pendant un temps donné et par la force de ces chocs. Or le nombre de chocs correspond évidemment au nombre de vibrations simples et leur force à l'amplitude ; car il est clair qu'une molécule de l'agent sonore quel qu'il soit, qui parcourt un plus grand espace dans le même temps arrive à l'obstacle formé par l'oreille avec une force vive plus considérable, d'où résulte un choc plus grand, une impression plus forte.

Or, si un même son, suivant son intensité et un nombre constant de vibrations, peut se produire avec des amplitudes différentes, comment peut-on soutenir qu'il se propage avec la même vitesse, quelle que soit cette intensité puisque cette vitesse est nécessairement le produit du nombre de vibrations simples par leur amplitude moyenne ?

On nous accordera donc forcément que la vitesse de transmission des sons est variable non-seulement pour les sons divers mais pour le même son. Mais tout aussitôt on nous objectera qu'alors le rapport que notre formule établit entre la vitesse du son et celle de la lumière est l'effet du hasard, puisque la note à laquelle correspond le bruit du

Digitized by Google

canon, que nous avons pris pour point de départ, peut elle-même offrir des variations dans sa vitesse.

A cela nous répondrons qu'en effet la formule ne peut établir de relation exacte qu'entre une série de sons différents ayant un caractère commun, une amplitude invariable dans des circonstances données. Il ne s'agit que de déterminer les circonstances dans lesquelles cette condition est atteinte. Or, si l'on prend un instrument à vent, une flûte par exemple, et que l'on produise avec toute la force possible et d'un seul coup une note quelconque, il faudra une oreille exercée pour la distinguer, car elle devient plutôt un bruit qu'un son musical. Si l'on pousse l'effort plus loin, on passe à la note supérieure d'une octave.

Il semble résulter de là qu'une note quelconque a un maximum d'intensité où le son perçu revêt le caractère du bruit et au-delà duquel la force employée à la produire ne modifie plus l'amplitude, mais le nombre de vibrations. Or c'est évidemment aux sons produits avec leur amplitude maximum devenus bruits que s'applique naturellement la formule que nous avons donnée.

Il suit également de cette observation que les vitesses que nous avons attribuées aux sons, dans la discussion qui précède, en les déduisant de cette formule, sont trop grandes, ainsi que nous en avons déjà averti le lecteur ;

Digitized by Google

mais en outre, et ceci est important à noter, la différence dans l'intensité des sons peut racheter complétement les différences de vitesse ou, pour mieux dire, les égaliser. C'est, comme on le voit, une raison de plus, s'il en était besoin, pour expliquer comment, dans les cas que nous avons pris pour exemple, les sons ne cessaient pas d'être harmonieux (1).

Mais, si pour ces cas là nous pouvons nous passer de cette explication, il n'en est pas de même de l'expérience de M. Biot pour laquelle nous aurons même besoin d'ajouter quelques développements à ce qui précède.

Si l'on cherche à se rendre compte comment les sons se

(1) La nécessité d'avoir égard à l'intensité pour égaliser la vitesse et obtenir l'harmonie est prouvée par le nombre relatif d'instruments de même nature dont les compositeurs composent leur orchestre. Ainsi, par exemple, dans l'orchestre de l'Opéra on compte généralement :

24 Violons.
12 Violoncelles.
7 à 8 contrebasses.
6 Altos.
4 Trombonnes.
4 Cors.
2 Bassons.
2 Hautbois.
2 Clarinettes.
2 Trompettes.
2 Flûtes.
1 Piccolo.

Malgré cette précaution le piccolo, la flûte et la trompette dominent. Si l'on entend un orchestre à une grande distance, il n'y a guère que le son de ces instruments qui parviennent à l'oreille.

Digitized by Google

produisent et se propagent, on peut imaginer qu'un centre d'ébranlement musical étant donné il se forme autour de ce centre, et *sphériquement* dans un air calme, une quantité infinie de cordes électriques circulaires se divisant naturellement par des nœuds en un certain nombre de parties offrant une longueur variable pour chaque son et vibrant toutes en même temps et à l'unisson. Chaque partie de corde circulaire communique une partie de son mouvement à la corde voisine, et l'on conçoit ainsi, à la fois, comment le son se transmet de proche en proche et comment il s'éteint, puisque la force d'impulsion étant limitée la quantité d'action imprimée doit l'être. Le phénomène envisagé de cette manière rentre évidemment dans celui des cordes vibrantes.

Mais si, au lieu de disséminer ainsi la force d'impulsion, sur une sphère indéfinie de cordes électriques vibrantes, on restreignait son action dans un cône, on voit de suite que l'amplitude des vibrations devrait augmenter et avec elle l'intensité et la vitesse du son. Or, c'est justement ce qui arrive lorsqu'on produit un son dans un espace rétréci comme le tube choisi par M. Biot. Dès-lors il est facile de comprendre que, si deux notes successives d'une mélodie jouée à l'air libre couraient le risque d'enjamber l'une sur l'autre ou d'altérer le rhythme, l'accroissement considérable

Digitized by Google

de vitesse qu'elles prennent dans un tuyau doit ramener les différences de ces vitesses à être aussi insensibles que celles qui peuvent se présenter dans nos plus grands théâtres lyriques. Il est facile de s'en rendre compte par le calcul. Dès-lors l'expérience de M. Biot ne peut être considérée comme une preuve de l'égalité de vitesse des sons, ainsi que nous l'avions annoncé.

XIX.

Dans l'intervalle de temps qui s'est écoulé entre la lecture faite à la Société des Ingénieurs civils de ce qui précède et de la deuxième communication que nous voulions lui faire sur ce sujet, plusieurs personnes, entre autres M. Richoux, membre de cette Société, nous ont signalé plusieurs faits qui viennent à l'appui des idées nouvelles que nous avons émises sur le son. Nous terminerons ce que nous avons à dire sur ce sujet en examinant les faits sur lesquelles notre attention a été appelée.

C'est en premier lieu un article de l'Année scientifique 1860, de M. Figuier, dans lequel cet écrivain s'exprime dans les termes suivants :

« *Tout le monde admet* que les sons forts ou faibles se « propagent avec la même vitesse. Voici un fait qui « semble indiquer le contraire.

« Dans son expédition aux mers du nord, le capitaine « Parry faisait un jour l'exercice du canon dans quelques « expériences qui avaient pour objet la vitesse du son ; « et il avait été arrêté que l'artilleur ne ferait feu qu'au « commandement donné par l'officier. Or, plusieurs per- « sonnes placées à quelques kilomètres de distance firent « la singulière remarque qu'elles entendaient le bruit du « canon avant d'avoir entendu le commandement de faire « feu. Le son du canon prenait donc les devants sur le son « de la voix de l'officier. »

En second lieu, dans un exemplaire du journal l'Institut, du 9 mai, qui nous a été adressé, nous trouvons également plusieurs faits du même genre.

Il s'agit dans ce journal d'une communication faite en décembre 1859, par M. Charles Montigny, à l'Académie royale de Bruxelles sur la vitesse du bruit du tonnerre observée par lui, et d'où il résulte, avec la dernière évidence, que ce bruit se propage avec une vitesse très-supérieure à celle de 340 mètres par seconde que la science veut imposer à tous les sons. Les observations faites ont consisté à mesurer la distance des points foudroyés aux

points où l'éclair a été vu et le son perçu. D'après la théorie, cette distance devrait être égale à 340 mètres multipliés par le chiffre représentant le nombre de secondes écoulées entre l'apparition de l'éclair et l'audition du son. Or, dans un des faits rapportés, le bruit du tonnerre a été entendu et l'éclair vu de deux points : l'un situé à 5200 mètres au *nord* du point frappé et incendié ; l'autre à 5030 mètres à l'ouest du même point ; le vent soufflant du sud ouest, ce qui exclut la possibilité de l'intervention du vent dans l'accroissement de rapidité observé dans la transmission du son. Et comme le temps écoulé entre le son sec et local, qui indique à ne pas s'y tromper la chute de la foudre, et l'apparition de l'éclair, observée des deux points mentionnés ci-dessus, ne paraît pas avoir excédé *deux secondes*, la vitesse du son dans ce cas aurait donc été de 2500 mètres par seconde au lieu de 340 mètres. M. Montigny cite plusieurs faits du même genre et fait appel aux souvenirs de chacun en demandant si nous n'avons pas été surpris quelquefois en apprenant le lieu que la foudre venait d'atteindre, sa distance ayant surpassé de beaucoup celle que nous aurions présumée d'après le court intervalle de temps écoulé entre l'éclair et le fracas du tonnerre. Il n'est pas de personnes, sans doute, qui n'aient fait cette observation. En ce qui nous concerne, il y a longtemps

que nous avons reconnu pour la première fois la vanité du moyen à l'aide duquel la physique prétend déterminer la distance du centre d'ébranlement sonore de la *foudre*.

XX.

Dans la même communication, M. Montigny mentionne un fait analogue à celui rapporté par M. Figuier et que sir James Ross fit connaître à l'Association britannique dès 1858. Ce fait aurait été rappelé à propos d'une théorie mathématique du son présentée à cette Association par M. Earnshaw, et dans laquelle l'auteur aurait démontré que si la vitesse de propagation dans l'air est la même pour les sons dont la génération ne diffère pas beaucoup en intensité, il n'en est plus ainsi quand les sons se distinguent essentiellement sous le rapport de la force.

A propos de cette théorie que nous ne connaissons que par la mention qui en a été faite par M. Montigny, nous ferons observer que nous avons fait voir au contraire que si des sons très-éloignés dans l'échelle musicale étaient perçus comme s'ils arrivaient en même temps à l'oreille, cela tenait soit à la faible différence d'arrivée de ces sons

aux distances ordinaires d'audition; soit à la différence et non à l'égalité dans l'intensité des sons, différence qui peut être de nature à donner au son grave la même vitesse qu'au son aigu.

Du reste cette expression, *égalité dans l'intensité,* n'est pas exacte. Il n'y a aucun rapport de ce genre à établir entre les intensités diverses de deux sons. Il y a ce qu'on peut appeler, dans le même son, *divers degrés* d'intensité; ainsi en divisant tous les sons produits pour chaque note entre le minimum et le maximum d'intensité en un même nombre de degrés correspondant chacun à une amplitude différente de l'agent sonore, on pourra dire, par exemple, que l'ut_2 au sixième degré d'intensité se meut avec la même vitesse que l'ut_3 au troisième degré, si les amplitudes correspondant à ces deux degrés rachètent la différence dans le nombre des vibrations. On comprendra mieux encore par ces explications complémentaires, comment il peut se faire que deux sons, l'un grave et l'autre aigu arrivent à l'oreille exactement en même temps, malgré la distance. Tels seraient, par exemple, ceux émanant de deux instruments d'un caractère essentiellement différent comme l'ophicléide basse et la flute. La force d'impulsion nécessaire à la production du son dans les deux instrments est telle que, dans le premier, l'intensité doit toujours être

relativement plus grande. Cela joint au moyen que les chefs d'orchestre ont d'augmenter l'intensité du son de certains instruments en en augmentant le nombre on comprend que l'on parvienne à égaliser les vitesses de manière à porter l'harmonie et le rhythme à des distances beaucoup plus grandes qu'on ne serait tenté de le croire au premier abord.

XXI.

S'il est une partie de la physique dans laquelle les idées que nous avons exposées n'apportent que peu ou pas de changements on comprend de suite que c'est dans l'optique. En effet, sur ce point, les physiciens étaient déjà arrivés à cette opinion, corroborée tous les jours par son adaptation précise à tous les phénomènes lumineux, que la lumière devait être produite par les ondulations ou, peut-être plus exactement, par les vibrations d'un agent très-subtil auquel ils avaient donné le nom d'*Ether*. Or, nous avons fait voir que cet agent n'est pas autre que le fluide électrique et que la lumière qu'il produisait était due, en en effet, à ses vibrations, et il est plus que probable que

Digitized by Google

les physiciens n'auraient pas éprouvé le besoin d'inventer un nouveau fluide et qu'ils eussent reconnu dans l'électricité *la cause unique* de la lumière, s'ils n'avaient été retenus par la malencontreuse théorie des deux électricités. La preuve, c'est que frappés, comme nous l'avons été tous, de l'analogie entre la lumière électrique et la lumière solaire, plusieurs avaient été jusqu'à considérer le soleil comme une pile immense. Mais cette conception ne pouvait dispenser de l'intervention d'un fluide intermédiaire et n'avançait pas la question d'un pas. Car, dans l'ordre d'idées où nous séquestrait la théorie que nous venons de rappeler, la lumière électrique n'est produite que par la recomposition des deux électricités résineuse et vitrée. Et alors de deux choses, l'une : pour que cette lumière se propageât, il fallait ou supposer que les recompositions locales des deux fluides, qui dans la pile s'effectuent entre les deux cônes de charbon, excitaient dans l'électricité atmosphérique des décompositions et des recompositions incessantes d'où résultait la lumière générale extérieure à la pile, supposition trop violente pour fixer un instant l'attention ; ou bien, il fallait admettre que les chocs et par suite les vibrations éprouvées par les deux électricités à leur rencontre dans l'appareil se communiquaient à un fluide spécial et unique comme l'Ether, hypothèse beaucoup plus rationnelle à laquelle on a bien fait de s'arrêter faute de mieux.

Digitized by Google

Le rôle que nous avons montré appartenir à l'électricité apporte donc une simplification nouvelle dans le chapitre de l'optique. De plus, comme nous avons fait voir que le fluide en question était un gaz matériel auquel s'appliquaient parfaitement les notions habituelles de la mécanique en ce qui concerne ses manifestations sonores, il est évident qu'il doit en être de même des phénomènes lumineux qui lui sont dus. Il faut donc chercher et ne s'attendre à voir, dans la *réflexion*, la *dispersion*, la *polarisation*, la *diffraction*, les *interférences*, que des états dynamiques différents du même fluide ayant leurs analogues dans les mouvements du gaz, et auxquels on n'a donné des noms particuliers que parce qu'ils se traduisent à l'œil d'une manière plus sensible.

XXII.

Le phénomène le plus simple de l'optique est celui par lequel un objet quelconque, un écran, par exemple, frappé par des rayons lumineux est perçu par l'organe visuel. C'est celui de la *réflexion*. On se rappellera que ce phéno-

mène se rencontre plus ou moins dans les corps pondérables venant frapper une surface sous un certain angle et qu'il se reproduit, naturellement, dans les effets sonores et calorifiques dus, comme la lumière, aux vibrations du même agent.

Il importe de remarquer que, si l'on éloigne l'écran de la source lumineuse, il continue toujours à être éclairé, mais de moins en moins. Il y a, pour cela, plusieurs raisons.

En premier lieu, si l'on suppose que la lumière émane d'une source de forme sphérique (elle est toujours plus ou moins courbe), et que de chaque point de cette sphère parte une file de molécules électriques à l'état de vibration lumineuse, il est clair que plus l'écran sera éloigné, moins il recevra de molécules lumineuses; première raison pour qu'il soit moins éclairé. En second lieu, il semblerait que, puisque le corps éclairant n'envoie dans l'espace et dans des directions divergentes qu'un nombre limité de filets électriques lumineux, il devrait y avoir sur l'écran qui les reçoit des points obscurs et des points lumineux. Puisqu'il n'en est pas ainsi, *du moins d'une manière appréciable pour nos organes dans les cas ordinaires*, il faut en conclure que les filets lumineux communiquent une partie de leur mouvement par frottement latéral à tous les filets électriques atmosphériques qui ne sont pas rencontrés di-

rectement par ceux émanant de la source lumineuse. Il en résulte qu'une même quantité d'action se répartissant ainsi sur une plus grande masse le mouvement va s'atténuant de plus en plus ; deuxième raison pour que l'écran observé soit moins vivement éclairé à mesure qu'il est éloigné.

Du reste, il y a une partie du phénomène, celle par laquelle nous percevons l'écran, c'est-à-dire la réflexion, qui se produisant dans tous les sens doit avoir pour effet de faciliter la communication latérale du mouvement dont il vient d'être question et d'égaliser les vibrations dans toute la masse lumineuse ; car les filets réfléchis, provenant de l'écran (1), venant rencontrer les filets directs et ceux qu'ils entraînent dans leur mouvement, doivent dans une certaine mesure transformer les vibrations peut-être rectilignes, que les molécules lumineuses reçoivent de leur choc contre les molécules de l'air, en vibrations curvilignes ou ondulatoires dont la forme est évidemment plus favorable à une action latérale des filets les uns sur les autres.

Une conséquence de cette manière d'interpréter les phénomènes lumineux, c'est que si l'on pouvait distraire d'une source lumineuse un faisceau très-mince qui serait jeté dans une chambre obscure sur un écran, après en

(1) Sans compter ceux qui, dans une chambre qui n'est pas obscure, proviennent de faces latérales.

avoir fait diverger les divers filets en les faisant passer à travers une lentille, l'effet de la réflexion pour donner aux vibrations la forme ondulatoire étant ainsi atténué le plus possible, la lumière reçue sur l'écran perdrait de son uniformité, c'est-à-dire que l'on devrait y remarquer des zônes plus éclairées que d'autres. C'est en effet ce que confirme l'observation. C'est là un fait important sur lequel il est à regretter que l'attention des physiciens n'ait pas suffisamment porté; car nous ne l'avons trouvé mentionné dans les ouvrages de physique que d'une manière incidente et comme un fait accessoire sur lequel il n'y a pas lieu de s'arrêter.

Si nous reprenons maintenant le cône lumineux projeté sur l'écran de la chambre obscure et que nous interceptions la moitié de ce cône par un second écran, celui-ci va-t-il produire sur l'autre une ombre portée dont la limite serait donnée par un plan passant par le point lumineux et le bord de l'écran occultateur? Non. Les filets situés dans le plan en question impriment latéralement le mouvement aux filets situés au-dessous de ce plan. Ce mouvement se propage ainsi de proche en proche en s'atténuant de plus en plus à mesure que les points de l'écran sont plus éloignés de la trace du plan qui semblerait devoir être la limite de l'ombre ; de manière qu'à partir de cette limite

la lumière persiste en se dégradant jusqu'à un certain point indécis où l'écran cesse tout-à-fait d'être éclairé.

Ce phénomène connu en physique sous le nom de *diffraction* se complète *forcément*, dans le système que nous venons d'exposer, par un second phénomène accessoire très-curieux appelé *franges*, qui consiste en ce que la partie de l'écran qui reçoit directement la portion de cône lumineux non interceptée se partage en zônes éclairées et zônes obscures, si la lumière est rouge; en zônes éclairées et en zônes obscures séparées par une zône irisée, si la lumière est blanche. Il importe d'ailleurs de faire observer que le phénomène est d'autant plus marqué que les zônes sont plus rapprochées du plan qui devait être la séparation géométrique de la lumière et de l'ombre. Or, ce phénomène n'est à notre avis qu'une exagération produite dans la différence des zônes éclairées que l'on remarque déjà sans l'écran occultateur, et qui est due à ce que les zônes les plus rapprochées du bord de cet écran perdent de leur mouvement tout ce qui est communiqué à celles qui se trouvent au-dessous du plan limite. En étudiant cette communication latérale du mouvement, à laquelle participent des zônes assez éloignées de ce plan, on reconnaît qu'il doit y avoir un mouvement latéral oblique de vibration et de translation, tout à la fois, dans lequel la vibra-

Digitized by Google

tion allant en diminuant produit l'irisation observée jusqu'au point où, le mouvement se réduisant à la translation pure et simple, il y a obscurité.

Le phénomène des *interférences* nous semble à première vue devoir rentrer dans le précédent. Il consisterait dans une combinaison, une addition, des zônes de même espèce ; ce qui suppose que deux filets semblables se rencontrant sous un angle très-aigu se composent en un seul suivant une direction intermédiaire entre les deux. Ce serait, il est vrai, une dérogation à l'idée que l'on se fait de l'élasticité parfaite. Mais aucun corps n'y étant soumis d'une manière absolue, il n'est pas improbable que la molécule électrique y échappe dans une certaine mesure.

XXIII.

Si un filet électrique lumineux traverse un corps diaphane, on remarque qu'à l'émergence il a dévié de sa direction primitive, et comme cet effet ne dépend pas de la densité du corps traversé il faut en conclure qu'il est dû à la constitution de ses molécules, dont la forme, l'espacement,

Digitized by Google

sont plus ou moins favorables au mouvement du fluide. Ce phénomène est celui de la *réfraction*.

En admettant, ce qui est plus que probable, que la forme des molécules d'un corps est celle des cristaux que forment ces molécules lorsqu'elles s'agglomèrent librement sous l'empire de la loi mystérieuse qui les régit; on peut concevoir certaines dispositions de ces molécules, d'où il résulterait que deux filets incidents voisins émergeraient chacun dans une direction différente. Ce qui donnerait lieu au phénomène appelé *double réfraction* et que l'on remarque dans certains corps diaphanes, offrant un système particulier de cristallisation.

Les géomètres ne pourraient-ils, par hasard, tirer de ces phénomènes de réfraction la preuve que la matière n'est pas divisible à l'infini; que les atômes ont une forme invariable, sans doute celle des cristaux qu'ils forment par leur agglomération, et déterminer les positions que ces atômes doivent prendre les uns par rapport aux autres, pour produire les phénomènes que nous venons de rapporter ?

Maintenant, si le solide traversé par le fluide à l'état de vibration lumineuse est tel qu'il présente aux divers filets appartenant au même faisceau de molécules électriques des épaisseurs différentes, chaque filet communiquant une

Digitized by Google

partie de son mouvement au fluide propre et aux molécules même des solides (dilatation), il lui restera à l'émergence d'autant moins de vitesse que l'épaisseur traversée aura été plus grande. Il pourra arriver alors que les divers filets ne possèdent plus le nombre de vibrations correspondant à la production de la lumière blanche. Cela aura d'autant plus lieu si à l'émergence, par suite de la structure moléculaire du solide traversé et des déviations croissantes que cette structure aurait fait éprouver aux divers filets, le faisceau vibrant s'est élargi de manière à mettre en branle un plus grand nombre de filets électriques que celui qui composait le faisceau incident. La quantité de mouvement, ainsi que nous l'avons déjà vu dans le phénomène de la diffraction, étant ainsi répartie sur une plus grande masse, il doit en résulter une nouvelle atténuation dans la vitesse et le nombre de vibrations du fluide. Il peut arriver, dans ce cas, qu'au lieu de la lumière blanche on obtienne les lumières les plus variées en couleur, et il est clair que les filets correspondants aux épaisseurs les plus petites seront ceux qui devront se rapprocher le plus de la lumière blanche, sinon par leur couleur du moins par leur vitesse et leurs autres propriétés ; tandis que les plus éloignés des premiers inclineront vers la couleur noire. Ce phénomène, connu sous le nom de

dispersion, est en effet celui qui se produit, lorsqu'un faisceau de filets électriques à l'état de vibration lumineuse transmet ses vibrations à travers un prisme triangulaire de cristal de roche ; et la couleur violette, qui de toutes les couleurs du spectre se rapproche le plus de l'obscurité, est celle qui correspond à la plus grande épaisseur du prisme.

Tout mouvement dont peut être animé un corps, ou une particule matérielle quelconque, s'éteint à force de se communiquer, de se répartir sur une plus grande masse. On conçoit donc qu'après que des vibrations se sont propagées à travers plusieurs milieux diaphanes la vitesse s'atténue de plus en plus, de sorte qu'à la rencontre sous un angle déterminé d'un nouveau solide les vibrations d'un filet électrique s'y éteignent et qu'il n'y ait plus ni *réflexion* ni *réfraction*, et l'on aura alors l'idée du phénomène connu sous le nom de *polarisation*.

XXIV.

Telles sont pour nous, après un premier examen rapide de la question, les explications des phénomènes lumineux

Digitized by Google

qui semblent résulter de l'idée que la lumière est due aux mouvements vibratoires variés d'un agent matériel, l'*électricité*. Ces explications diffèrent un peu de celles admises aujourd'hui, mais il n'est pas improbable que les unes et les autres se modifient de manière à se concilier et se fondre en un système mécanique homogène et tout-à-fait concluant, dans lequel on reconnaîtra et l'on admettra l'existence sucessive et quelquefois simultanée de l'*émission* et de la *vibration*.

On a dû s'apercevoir, en effet, que le système qui précède suppose à la fois qu'il y a dans la production de la lumière, soit tour à tour, soit simultanément, *émission* et *vibration* du fluide. Ce qui concilie l'hypothèse newtonnienne avec celle plus moderne des ondulations. Il est facile de s'assurer qu'il n'en peut être autrement. Et ce double fait constaté, on se rend compte de phénomènes dont on n'a pas donné jusqu'ici d'explication satisfaisante.

En effet, si nous admettons que le fluide émis par le soleil traverse les espaces planétaires par un mouvement de *translation*, il ne commencera à prendre l'apparence lumineuse que lorsqu'atteignant les premières couches raréfiées de l'atmosphère un premier choc se produira et la *vibration* commencera. Ces vibrations iront en augmentant à mesure que le fluide, se rapprochant du globe terrestre,

Digitized by Google

rencontrera des couches atmosphériques de plus en plus denses.

Inversement, il doit résulter de là qu'à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère la vibration électrique, se rapprochant de plus en plus de l'état simple de translation, doit être de moins en moins susceptible de nous donner la sensation de chaleur, de lumière et de son ; à ce point que, s'il était possible d'aborder les espaces planétaires, on y trouverait *en plein soleil*, en même temps que l'impossibilité d'y produire un son, *le froid et l'obscurité absolus.*

Or, ces conséquences vérifiées suffisamment par l'expérience prouvent les prémisses. On sait en effet qu'à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère les explosions, qui donnent à terre les sons les plus retentissants, se transforment en bruits de plus en plus faibles ; le froid y devient de plus en plus intense ; et chacun a pu lire dans les récits d'aéronautes qu'en s'élevant ils ont vu le ciel bleu prendre une teinte de plus en plus foncée et se rapprochant du noir. D'ailleurs s'il en était autrement, c'est-à-dire si les espaces interplanétaires n'étaient pas dans l'obscurité, nous verrions la nuit entre la terre et les autres globes célestes une nappe conique lumineuse, ce qui n'est pas. Ajoutons, pour corroborer ce dernier fait, que si dans l'appareil appelé œuf électrique, rempli d'air à la pression atmosphérique,

Digitized by Google

on fait passer un courant électrique en raréfiant l'air par degrés, la lumière d'abord vive et blanche s'atténue graduellement, paraît ensuite rougeâtre et devient violacée comme une lampe qui s'éteint, lorsque le vide imparfait, tel qu'on peut l'obtenir avec cet appareil, est atteint. On nous objectera peut-être que dans le système de l'émission le soleil perdrait bientôt tout son fluide et son pouvoir éclairant. Pour écarter cette supposition il suffit de remarquer, d'abord, que rien ne se perd dans la nature ; et que, de même que l'eau évaporée à la surface du globe terrestre y revient constamment s'en qu'il s'en perde une seule goutte, de même le fluide émanant du soleil peut et doit y retourner sans cesse. C'est admettre pour ce cas particulier un fait de circulation dont la nature nous fournit trop d'exemples pour n'être pas autorisé à nous y arrêter.

Maintenant, entre la vibration et l'ondulatiou lumineuse admise par les physiciens, il n'y a de différence qu'en ce que le premier est un mouvement rectiligne de la molécule électrique, le second un mouvement curviligne. Il est clair que le second mouvement n'est qu'un cas particulier de la vibration et qu'il n'est pas le seul ; car on peut imaginer des ondulations à double courbure en nombre infini et dont la forme doit dépendre de la nature de l'obstacle rencontré. Il résulte de là qu'une théorie fondée sur l'on-

Digitized by Google

dulation régulière de l'agent lumineux pèche par la base et que ce n'est pas sans raison que nous avons cherché à nous rendre compte des phénomènes de l'optique en n'accordant à ce détail qu'une importance secondaire.

XXV.

Nous avons à voir, maintenant, si l'examen plus détaillé des phénomènes calorifiques, fait au point de vue nouveau, n'entraîne aucune contradiction. Essayons d'abord, en nous plaçant dans cet ordre d'idées, de nous représenter la manière dont les choses se passent dans les changements d'état d'un corps dont on élève la température; puis nous rechercherons si les signes qui accompagnent ces changements peuvent être considérés comme accusant la présence du fluide électrique.

Nous avons vu que l'électricité peut être à l'état de vibration et de translation ou de repos. Dans le premier cas, elle nous donne l'une ou l'autre des cinq sensations. Dans le second, elle produit un travail mécanique, soit en se transportant elle-même d'un lieu à un autre avec sa

Digitized by Google

vitesse propre; soit en s'incorporant à un agent plus dense avec une vitesse qui doit être dans le rapport inverse des densités. Dans ce dernier cas, au point de vue calorifique, l'électricité est *latente*. Sa présence n'est accusée que par le mouvement qu'elle imprime au solide. Cet état d'*équilibre dynamique* n'est pas le seul où l'électricité soit présente et latente. Ce fluide doit être aussi latent, quand il est employé à maintenir les molécules d'un corps dans les états d'équilibre statique variés qu'une substance peut prendre sous l'empire des circonstances diverses dans lesquelles elle peut se trouver.

En résumé, toutes les fois que la présence de l'électricité est accusée par un appareil spécial au lieu de l'*être simplement et directement* par l'impression produite sur l'un des cinq sens sous forme de *son, chaleur*, *lumière*, etc., c'est un indice que le fluide est à l'état de repos ou de translation, et produit dans ce dernier cas un *travail mécanique*, dans le sens ordinaire de l'expression.

Partant de là, si l'on soumet une barre métallique à l'action d'un foyer, on remarque deux choses : *La barre nous donne la sensation de chaleur et de plus elle s'allonge.* Ce qui signifie que cette barre est traversée par un courant électrique à l'état vibratoire dont une partie, en se transformant, produit le travail mécanique de l'allongement

Digitized by Google

et devient par ce fait *latente,* et dont l'autre en excès reste à l'état vibratoire calorifique qui ne produit d'autre effet que de nous donner la sensation de chaleur et de se déverser sur les corps ambiants où le même phénomène se renouvelle ; c'est-à-dire qu'une partie de l'électricité rayonnée de la sorte, s'emploie à les dilater et l'autre à leur donner l'*apparence de corps échauffés.*

Si la barre est maintenue dans le foyer, elle continuera à être traversée par du fluide à l'état vibratoire de plus en plus accéléré qui, dans certains cas, va jusqu'à donner la sensation de lumière. Mais bientôt cette barre entre en fusion, et, comme le passage de l'état solide à l'état liquide exige un déplacement des molécules beaucoup plus grand que ceux qui l'ont précédé, il a dû s'effectuer un travail mécanique considérable et, par suite, une incorporation du fluide à l'état latent, relativement plus grande que celle requise pour les changements d'état représentés par une simple dilatation.

On peut considérer le fluide électrique latent de dilatation, de fusion ou de vaporisation, à la fin du mouvement lorsque l'équilibre statique est atteint, comme une combinaison de l'électricité avec le solide. Car, tant que dure l'état particulier du fluide caractérisé par la même indication thermométrique ou pyrométrique, le fluide reste

masqué par le corps comme s'il ne faisait qu'un avec lui.

Dans cet ordre d'idées, l'*état solide* ne serait qu'une combinaison du fluide électrique avec la matière pondérable moins riche en électricité que celle qui correspondrait à l'*état liquide*; et la *cohésion* ne serait que le résultat de la différence des pressions exercées par le fluide incorporé et le fluide extérieur, cohésion qui serait d'autant plus affaiblie que la quantité de fluide incorporée sreait plus grande.

On remarquera aussi que dans ce système mécanico-chimique, il y a de la chaleur, dite latente, à tous les degrés de dilatation, aussi bien qu'au moment de la fusion. Il y en a aussi à tous les degrés d'expansion des liquides, aussi bien qu'au moment de leur vaporisation. La seule différence, c'est que les états de fusiou et de vaporisation, correspondant à un déplacement plus grand des molécules, exigent un travail mécanique plus grand et par suite une incorporation de fluide plus considérable.

Une chose très-importante à noter comme une conséquence de ce système, confirmée d'avance par la pratique, c'est que, toute sensation calorifique étant l'indice de la présence d'une certaine quantité d'électricité à l'état vibratoire et ne rendant, dans cet état, aucun service comme travail mécanique, toute communication de force que l'on

veut utiliser complétement doit se faire sans développement de chaleur. C'est parce que cette condition n'est pas remplie dans les machines, qu'il s'y produit des chocs et des frottements, qu'il y a des pertes de force. Le choc ou le frottement, en effet, engendrent le mouvement vibratoire qui se communique au fluide, agent moteur, et le mettent ainsi hors d'état de produire un travail utile.

XXVI.

A cette explication très-simple et toute mécanique (1) des phénomènes calorifiques, on nous opposera toujours l'embarrassante théorie des deux électricités dont nous nous occuperons plus loin; et l'on ajoutera que l'on ne reconnaît pas dans ces phénomènes les signes qui trahissent d'ordinaire la présence de l'électricité, soit à l'état statique, soit à l'état dynamique; c'est-à-dire d'une part les actions attractives et répulsives, les indications de l'électromètre à cadran, et d'autre part les déviations du galvanomètre.

(1) Car le cas de combinaison que nous avons admis n'est qu'un certain état d'équilibre; c'est encore de la mécanique.

Digitized by Google

Mais est-on bien sûr d'avoir tous les signes et les instruments correspondants aux divers états dynamiques du fluide? Et peut-on conclure, de ce qu'une barre qu'on échauffe est généralement sans action sur les appareils dont il vient d'être question, que l'électricité est absente et n'est pas l'agent qui nous donne la sensation de chaleur? Voyons un peu :

Supposons un tuyau rempli d'air et muni d'une première soupape équilibrée s'ouvrant de dehors en dedans, et d'une seconde soupape s'ouvrant de dedans en dehors; ajoutons-y un manomètre et, les choses étant dans cet état, examinons ce que ces appareils vont nous apprendre sur la présence du gaz dans le tuyau en prenant soin de comparer, à mesure, chaque situation nouvelle de l'air à l'état du fluide électrique sur un conducteur ordinaire.

L'air peut être renfermé dans le tuyau à la pression de l'air ambiant. Les appareils sont muets et n'y accusent pas plus la présence du gaz atmosphérique que les appareils spéciaux ne font découvrir le fluide électrique logé à l'état statique dans les interstices laissés entre les molécules du conducteur ou à l'état de combinaison avec ces corps. Si l'air est élevé à une pression supérieure à la pression atmosphérique, la soupape qui s'ouvre de dedans en dehors laissera échapper le gaz si elle n'est pas suffisam-

ment chargée, le manomètre indiquera sa présence et son état de tension. Dans le cas où le fluide électrique est accumulé sur le conducteur à l'état de tension, il s'échappera si l'on vient à percer, avec le doigt, l'enveloppe d'air qui l'y maintient, et l'électromètre fournira une indication tout-à-fait semblable à celle du manomètre dans le cas précédent.

Voilà pour l'état statique des deux parts.

XXVII.

Maintenant si l'on imagine que le tuyau recélant l'air à l'état de tension soit ouvert par une extrémité, l'air s'échappera avec une certaine vitesse. Mais, si au moyen d'une machine on remplace l'air qui s'en va par de l'air nouveau, il pourra se présenter trois cas :

Ou bien, à cause de la dimension de l'ouverture de sortie, l'écoulement se fera plus lentement que l'introduction. Alors la tension augmentera et sera accusée par le manomètre, tandis que l'une des soupapes pourra donner latéralement issue à l'air.

Digitized by Google

Ce cas se rencontre pour l'électricité se mouvant dans un fil conducteur d'un diamètre trop petit par rapport au fluide qui passe. Le galvanomètre indique par ses déviations la présence et le mouvement de l'électricité. La main posée sur le fil perçoit une sensation calorifique.

Ou bien, l'écoulement de l'air dans le tuyau se fera dans de telles conditions que la tension de la veine en mouvement sera à chaque instant en équilibre avec la pression atmosphérique ; alors les appareils seront muets et ne traduiront pas plus la présence de l'air que dans le premier état statique que nous avons signalé. Mais la main présentée à l'extrémité du tuyau aura la sensation du jet en mouvement.

Ce cas a son analogue dans le courant électrique qui s'établit dans une *barre homogène* que l'on chauffe par un bout. Dans ce cas aussi, le fluide électrique introduit à chaque instant est en rapport avec la dilatation croissante. Il n'a, ainsi que l'air dans l'exemple précédent, aucune tension perceptible et ne peut pas plus trahir sa présence au galvanomètre que l'air n'accusait la sienne au manomètre. Cependant la main placée à quelque distance de l'extrémité de la barre aura la sensation d'un gaz chaud s'échappant de cette barre. Dira-t-on que dans le premier cas il n'y avait pas d'air dans le tuyau, et dans le second

Digitized by Google

d'électricité dans la barre, parce que, dans les deux cas, les appareils destinés à indiquer leur présence et leur état de tension n'ont fourni, à cet égard, aucune indication?

Mais du reste il y a un moyen de faire parler les deux instruments sans sortir des exemples que nous avons choisis. Que l'on oppose, en effet, un certain obstacle à la sortie de l'air du tuyau, et alors la tension intérieure cessera d'être en équilibre avec l'atmosphère; une des soupapes se soulèvera, le manomètre indiquera un accroissement de pression.

Que l'on soude à l'extrémité de la barre de fer chauffée un métal d'une conductibilité moindre, ou qu'on la torde simplement pour en détruire l'homogénéité, alors le fluide rencontrant un obstacle à son mouvement, le galvanomètre indiquera la présence d'un courant auquel on a donné le nom de *thermo-électrique*. Conçoit-on quelque chose de plus simple et de plus clair? L'obstacle apporté à l'extrémité du tuyau a-t-il introduit dans ce tuyau de l'air qui ne s'y trouvait pas? La simple torsion faite à l'extrémité de la barre a-t-elle développé dans cette barre un courant qui n'existait pas, ou l'a-t-elle purement et simplement rendu apparent, en vertu d'une loi de mécanique qui régit tous les gaz en mouvement?

Nous n'insisterons pas davantage sur ce point; car nous

Digitized by Google

pouvons conclure, sans conteste possible, que les phénomènes calorifiques qui se développent dans une barre chauffée par un bout, comme ceux que l'on observe dans un fil traversé par un courant, sont dus l'un et l'autre au fluide électrique ; ce qui était évident *a priori* pour ce dernier; ce qui le devient pour le premier, par l'expérience thermo-électrique qui termine notre comparaison entre les mouvements de l'air et ceux de l'électricité.

Cependant, nous ne pouvons omettre de mentionner un troisième cas qui peut se présenter, bien qu'il n'ait pas rapport aux phénomènes calorifiques; c'est celui qui serait analogue au cas où l'air, en circulation dans le tuyau, serait à une pression inférieure à la pression atmosphérique, situation qui serait accusée par l'ouverture de la soupape qui se meut de dehors en dedans. Ce cas du mouvement de l'électricité doit se présenter quelquefois dans les fils conducteurs des piles électriques et servira peut-être à expliquer certains phénomènes de l'électro-magnétisme dont on ne s'est pas rendu compte jusqu'ici.

Digitized by Google

XXVIII.

Parmi les preuves expérimentables de l'identité des agents qui produisent les phénomènes de *chaleur* et de *lumière,* on peut, selon nous, mettre en première ligne l'exemple de la barre de fer que, par des vibrations croissantes, on fait passer de la chaleur obscure à la chaleur lumineuse. Maintenant si l'on récuse la rigueur de notre démonstration, basée sur la distinction faite entre l'entité et l'attribut, et par laquelle nous croyons avoir établi que l'agent produisant ces deux phénomènes est *toujours* l'électricité, le moins que l'on puisse admettre, c'est qu'ils ne diffèrent entr'eux que par le nombre de vibrations. Dès-lors comme il ressort, très-clairement, de ce que l'on vient de voir que la chaleur n'est que la sensation que nous fait éprouver l'électricité à un état vibratoire particulier ; que l'on peut mettre ce fluide en évidence en le faisant, à volonté, s'accuser par le signe spécial qui le fait reconnaître ; il s'en suit rigoureusement, expérimentalement, que la lumière n'est aussi qu'une manifestation du même fluide;

Digitized by Google

qu'il en est de même du *son* que l'expérience de la barre démontre n'être qu'un état vibratoire inférieur aux deux précédents.

Cela étant, il doit arriver fréquemment que l'un quelconque de ces phénomènes se transforme en l'un de ceux qui appartiennent aux diverses séries de mouvements vibratoires qui peuvent affecter le fluide électrique. Le fait des métaux chanteurs, rapporté par M. Figuier et que nous avons complété en faisant partir le phénomène de la chaleur lumineuse, en est un des exemples les plus frappants. Nous en rapporterons encore quelques autres empruntés au livre de M. Grove sur la corrélation des forces physiques.

Lorsqu'un gaz est chauffé à une température très-élevée sans produire de lumière ou ne la produisant qu'à un faible degré, il donne instantanément de la lumière si l'on vient à y introduire une matière solide comme du platine (Grove, p. 25). Or, que fait le platine dans cette circonstance, si ce n'est de modifier le mouvement du fluide électrique, transformer des vibrations calorifiques en vibrations lumineuses en diminuant peut-être l'espace où le fluide se meut ou autrement? Peut-on voir autre chose dans ce fait prouvé par sir John Herschell et M. Stokes, que des vibrations rayonnantes frappant certains corps ne produisent aucun

Digitized by Google

effet de lumière, deviennent lumineuses lorsqu'elles frappent d'autres corps (Grove, p. 152) ; ce qui n'est encore qu'une modification du mouvement d'une matière, le fluide électrique, à sa rencontre avec une autre matière. Le phénomène inverse se rencontre dans l'expérience si connue et qui consiste à exposer au soleil, sur de la neige, des étoffes diversement colorées. L'étoffe noire qui absorbe le plus de lumière, pour nous servir du langage habituel, puisqu'elle n'en renvoie que peu ou pas, est aussi celle qui fond le plus rapidement la neige qui est dessous. Qu'y a-t-il là dedans, autre chose qu'une étoffe que sa constitution moléculaire rend plus apte qu'une autre à modifier le mouvement vibratoire du fluide ?

XXIX.

Mais de toutes les transformations du mouvement vibratoire du fluide électrique, la plus importante est celle qui se résout en un mouvement de translation, non pas seulement de ceux relatifs aux changements d'état des solides, dont il a été question au § XXV, mais des mouvements

Digitized by Google

communiqués à des masses pondérables, à des organes de machines dites motrices.

Pour avoir la mesure du pouvoir mécanique de l'électricité ainsi transformée, le moyen le plus simple, auquel on a déjà eu recours, consiste à supposer élevé de un degré par exemple un kilogramme d'air, en lui permettant de se dilater.

Si cet air à 0° est renfermé dans une capacité offrant une section de un mètre carré, la pression atmosphérique à laquelle il fera équilibre sera de 10330 kilogrammes, la hauteur de la colonne d'air sera au départ de 0,77 et la dilatation pour un degré étant de 0,00367 de son volume, le chemin parcouru sera de $0,77 \times 0,00367$ et par conséquent le travail produit **T** sera :

$$\mathbf{T} = 10330 \times 0,77 \times 0,00367 = 29,20^{km}.$$

Mais à la fin de ce travail l'air ayant été maintenu à la température de 1°, l'électricité qui fournit cette indication est *restée à l'état vibratoire* (§ XXV) et n'a par conséquent fourni aucun travail moteur (1); celui que nous venons d'enregistrer a été fourni par de l'électricité de translation restée *latente* en tant qu'indication calorifique. Pour con-

(1) M. Laboulaye commet une erreur très-grave, à notre avis, en attribuant le travail produit à la chaleur qui reste ainsi apparente.

naître quelle est cette quantité, il y a un moyen très-simple, c'est de refouler immédiatement l'air jusqu'à ce qu'il reprenne son volume primitif. Dans ce cas, le travail produit doit se transformer de nouveau en calorique apparent. C'est ce que l'on trouve en effet par expérience ; la température de l'air s'élève d'environ un demi-degré : 0°, 421 d'après Dulong. Par conséquent, la chaleur réelle, incorporée par l'air auquel on a permis la dilatation, n'est pas de 0,2377, mais bien de 0,3377 de calorie correspondant à un 1° 421 ; de telle sorte que la portion de calorie à laquelle serait dû le travail ci-dessus ne serait pas de 0,2377, comme l'a cru M. Laboulaye, mais de 0,10 seulement.

Il suit de là que la quantité de travail mécanique utile (1) recélée dans le fluide, à l'état vibratoire accusé par un degré du thermomètre, contenu dans un kilogramme d'air auquel on n'a pas permis de se dilater est de 292 *kilogrammètres ;* c'est ce que l'on appelle l'*équivalent mécanique de la chaleur.*

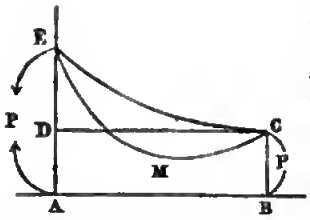
(1) Nous disons *utile*, car, outre ce travail, il y en a un qui est dû au déplacement des propres molécules de l'air chaud et qui est mesuré par le poids de cet air et la distance des centres de gravité avant et après l'expansion.

Digitized by Google

XXX.

Avant d'aller plus loin, nous devons faire sur un point du paragraphe précédent une remarque importante.

On reconnaîtra avec nous, sans doute, que le travail produit par le changement de volume du kilogramme d'air supportant une colonne atmosphérique du poids de 10330 kilogrammes est bien mesuré par ce poids multiplié par la différence entre les hauteurs du volume primitif et du volume final. D'un autre côté, on ne peut se refuser à reconnaître, non plus, l'inaptitude du fluide à produire un travail mécanique tant qu'il reste à l'état sensible appelé vibratoire ; ce qui conduit forcément à attribuer le travail en question à la seule chaleur latente que l'on a rendue sensible par la compression. Cela étant, nous pouvons constater ce phénomène singulier d'une masse d'air élevée à une certaine température t et par suite à une tension P, qui en se détendant de manière à descendre à une température t' et à une pression P', qui dans le cas actuel n'est autre que la pression atmosphérique, engendre un travail mesuré par le



produit de la pression finale par l'espace parcouru, c'est-à-dire par le rectangle ABCD, au lieu de l'être, ainsi que l'indique la théorie, par une surface ABCE terminée par une portion d'hyperbole équilatère. Cela semblerait indiquer que le travail de la détente, quoique plus simple dans l'expression de sa valeur réelle qu'on ne l'a supposé, s'effectue différemment et d'une manière plus compliquée qu'on ne l'a cru jusqu'ici. C'est qu'en effet la loi de Mariotte, supposée exister par la théorie à tous les instants de la transformation du volume et sans changement de température, n'est pas admissible. L'air en se dilatant se refroidit à ce point qu'à la fin de son expansion maximum il est revenu à la température et à la pression atmosphériques, mais sous *une densité moindre* que l'air qu'il chasse devant lui en vertu du fluide incorporé. Cette situation essentiellement éphémère, dans laquelle l'air se trouve, n'existe qu'en vertu de la vitesse qui lui est communiquée au départ, vitesse qui ne peut se produire que par un abaissement de pression et qui doit avoir son maximum entre le commencement et la fin de l'expansion où les vitesses sont nulles. Il doit y avoir par conséquent entre A et B un point où la pression est inférieure à la pression finale, ce qui doit donner à la représentation géométrique

du travail la forme déterminée par la courbe CMB. On comprend dès-lors comment il se fait qu'en dernier résultat le travail total soit simplement exprimé par une surface équivalente comme celle du rectangle ABCD.

Nous laisserons à d'autres plus experts le soin d'élucider mathématiquement cette importante question. Il nous suffit d'avoir constaté que le travail de la détente d'un gaz chauffé *est simplement exprimé par le chemin parcouru par l'expansion multiplié par la tension finale.*

Cette manière d'envisager la question va encore être confirmée, en ce sens que les résultats qu'elle donne sont plus rationnels et dans une certaine mesure plus d'accord avec la pratique que ceux auxquels conduit la théorie reçue. En effet, si nous désignons par P la tension initiale sous laquelle *se produit* un gaz chauffé à une certaine température et, par V le volume qu'il occupe à cette température ; si l'on imagine que ce gaz émane d'une combinaison chimique occupant à l'origine un volume négligeable, le travail produit par ce changement de volume sera exprimé par PV. Maintenant, si l'on permet au gaz de se détendre de m fois son volume primitif, le volume final sera mV, et P′ étant la tension finale, le nouveau travail produit sera, d'après ce qui vient d'être dit :

Digitized by Google

$$T = (mV - V)\ P' = P'V\ (m - 1).$$

Mais il est à remarquer que, si, entre les tensions et les volumes correspondants successifs pendant l'expansion, la loi de Mariotte ne peut être invoquée, parce que le gaz est alors animé d'une certaine vitesse, il n'en est plus de même à la fin, où la vitesse est nulle; si bien que la valeur de P' peut être exprimée par $\frac{P}{m}$ et dès-lors le travail ci-dessus prend la forme :

$$T = \frac{(m - 1)}{m}\ P \times V.$$

D'où il suivrait que le travail mécanique résultant de la détente d'un gaz ne saurait dépasser celui obtenu à pleine pression avant la détente. Cette conclusion est tout-à-fait différente de celle que l'on tire de la théorie reçue. D'après cette théorie, en effet, le travail irait toujours croissant à mesure que le gaz se détendrait davantage, de telle sorte qu'avec une quantité limitée de chaleur on pourrait obtenir un travail mécanique indéfini. Ce n'est pas un des moindres avantages de la nouvelle manière d'analyser l'effet de la détente que d'échapper à cette conséquence aussi bizarre qu'illogique.

Pour mieux faire ressortir la différence entre les deux

systèmes, nous avons rapproché dans le tableau suivant le travail de la détente d'un gaz dans les deux cas, en supposant le travail à pleine pression égal à l'unité.

Désignation du système auquel le travail se rapporte	TRAVAIL DU A LA DÉTENTE POUR DES VALEURS DE m ÉGALES A											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Ancienne théorie	0	0,693	1,098	1,386	1,609	1,791	1,946	2,079	2,197	2,3026	2,708	2,996
Nouvelle théorie	0	0,500	0,666	0,750	0,800	0,833	0,857	0,875	0,888	0,900	0,933	0,950

On voit par là que dans notre système le travail croît rapidement avec la détente jusqu'à ce que celle-ci atteigne cinq à six fois le volume primitif, point qu'il n'y aurait aucun avantage pratique à dépasser. Il est digne de remarque que c'est à peu près la limite dans laquelle l'expérience a montré qu'il était bon de se renfermer.

Il suit de là également que, dans une machine à air où la pression finale ne peut descendre au-dessous de la pression atmosphérique, il conviendrait de ne pas dépasser une tension de 5 à 6 atmosphères.

Digitized by Google

Nous ne pouvons omettre de faire remarquer que ce qui précède paraît en contradiction avec les expériences faites au moyen de l'indicateur de Watt et dans lesquelles les pressions successives observées s'écartent très-peu de celles qui résulteraient de l'application de la loi de Mariotte. Mais nous croyons être fondé à révoquer en doute, pour plusieurs motifs, sinon l'exactitude, du moins la portée, de ces expériences :

En premier lieu, parce que, si elles étaient réellement l'expression de ce qui passe, elles confirmeraient cette conclusion théorique déjà signalée: *Qu'une quantité finie de chaleur peut produire un travail infini.* Ce qui est absurde et par conséquent impossible.

Secondement, parce que rien ne prouve que l'indicateur donne autre chose qu'une tension locale. Tandis que l'observation précédente autorise à penser que cette tension doit aller en diminuant du fond fixe du cylindre sur lequel est appliqué l'indicateur jusqu'à la paroi mobile formée par le piston.

Troisièmement, parce que les résultats de l'expérience sont encore viciés par deux circonstances qui tendent à augmenter en apparence le travail de la détente d'un poids donné de vapeur sèche : par l'eau entraînée ; par l'échauffement des parois du cylindre, qu'il faut considérer comme

un foyer auxiliaire donnant lieu pendant la détente à une vaporisation supplémentaire.

Du reste la mesure pratique, au frein de Prony, de la force d'une machine à vapeur, donne la mesure de la valeur réelle de la théorie de la détente. On a trouvé en effet que le rapport du travail réel au travail théorique était :

Pour les machines à condensation sans détente de 0,55 ;

Pour les machines à condensation et à détente de 0,36.

Il y a, comme on le voit, dans ce deuxième coefficient, qui a peu de motifs pour être si différent du premier, une marge suffisante pour couvrir les erreurs de la théorie et ne pas s'en préoccuper. Cependant comme une théorie inexacte, non-seulement, en impose toujours aux esprits timides qui forment la majorité ; mais qu'elle masque encore, et à coup sûr, un certain nombre de vérités indispensables au progrès, nous avons cru utile d'insister sur celle-ci, qui nous paraît occuper en mécanique une place un peu usurpée.

Digitized by Google

XXXI.

Maintenant, si l'on veut appliquer les principes qui précèdent à l'emploi de l'air chauffé, et que l'on veuille savoir ce qui adviendra en élevant sa température suffisamment pour doubler son volume par la détente; en admettant, avec M. Régnault, que la capacité calorifique de l'air ne varie pas sensiblement avec la pression, un kilogramme d'air à zéro devra, pour cela, être élevé à une température exprimée par :

$$t = 0^{\circ}421 \frac{1}{0,00367} = 114^{\circ}48 ;$$

et, dès-lors, le travail de la détente sera, d'après ce qui précède, P étant égal à deux atmosphères:

$$\mathbf{T} = 0,50 \times 20060 \times 0,77 = 7954^{km};$$

le nombre de calories nécessaire pour produire dans l'air l'élévation de température dont il vient d'être question étant de

$$0,2377 \times 114^{\circ}48 = 27,$$

Digitized by Google

le travail d'une calorie aura été de

$$\frac{74954}{27}$$

c'est-à-dire de 292 kilogrammètres, ainsi que nous l'avons vu déjà dans le § XXIX.

Mais puisque l'on peut pousser la détente avec avantage jusqu'à six fois le volume primitif, il semble, au premier abord, que le résultat qui précède n'est pas la limite de ce que l'on peut obtenir d'une quantité donnée de fluide à l'état calorifique et qu'il ne représente point, par conséquent, ce que l'on appele l'*équivalent mécanique de la chaleur*. Supposons donc que l'on élève à 6 atmosphères la pression de l'air pris dans l'atmosphère à 0°. Il faudra, pour cela, que sa température, en supposant toujours que la capacité calorifique reste la même malgré la pression, s'élève d'un nombre de degrés exprimé par

$$t = 0^{\circ},421 \times \frac{5}{0,00367} = 527^{\circ}40,$$

et dans ce cas, si l'on détendait l'air ainsi chauffé de six fois son volume primitif, on en obtiendrait le travail mécanique suivant :

$$\mathbf{T} = 0,833 \times 61980 \times 0,77 = 39746^{\text{km}},$$

Le nombre de calories nécessaire à l'élévation de tempé-

rature qui vient d'être déterminée étant de

$$0{,}2377 \times 672{,}40 = 136,$$

le travail d'une calorie est donc .

$$\frac{39{,}746}{136} = 292 \text{ kilogrammètres.}$$

Ce résultat était facile à prévoir ; car l'utilisation du fluide calorifique est complète, du moment que, dans le véhicule qu'il anime, il passe de l'état sensible à l'état latent, ce qui peut être obtenu avec tous les degrés de détente possibles ; celui auquel il faut arriver ne dépendant que de la température initiale et de celle de l'air ambiant. L'avantage de l'élévation de la température et des hautes pressions ne consiste, dès-lors, qu'à permettre l'emploi d'appareils d'un plus petit volume. Mais en même temps on voit aisément que cet avantage est limité par l'action que l'air extra-chauffé exerce sur les matières lubrifiantes, et il est douteux que, pour cette raison, on puisse dépasser deux ou trois atmosphères et une température de 114 à 200 degrés. Dans ces conditions, il y a lieu d'examiner si une machine à air chaud peut constituer un appareil que l'on puisse opposer à la machine à vapeur avec avantage. C'est ce que nous ferons tout à l'heure. En attendant, nous terminerons ce paragraphe par quelques

Digitized by Google

réflexions sur l'emploi de l'air comprimé comme moteur.

Si l'on pousse brusquement le piston d'un briquet à air, on remarque qu'il se produit une élévation de température qui va jusqu'aux vibrations lumineuses. Si, au contraire, on le pousse lentement, on peut arriver au même degré de compression sans que l'air dénote la moindre trace d'échauffement. A quoi cela est-il dû? Evidemment à ce que, dans ce dernier cas, le fluide, rendu libre par la compression, s'est écoulé à mesure. Il en résulte que si, dans le premier cas, l'air peut rendre *de suite* la totalité de l'action mécanique qu'il a fallu dépenser pour l'élever à une haute tension ; dans le second, cela est impossible, à moins que l'air ne mette, à se détendre, la même lenteur avec laquelle il a été comprimé ; auquel cas, il empruntera à son enveloppe, et celle-ci à l'air ambiant, la quantité de fluide nécessaire pour que les pressions restent constamment dans le rapport inverse des volumes. Dans ces conditions, le travail mécanique produit atteindra son maximum et sera supérieur à celui que nous avons déterminé précédemment. Mais ce travail est *inutilisable,* il n'a aucune valeur industrielle ; car il ne faut pas oublier que le travail mécanique, dont il est question dans l'industrie, est nécessairement fonction du temps. A ce point

de vue, le kilogrammètre représente, en réalité, un *poids de un kilogramme élevé à un mètre dans une seconde.* Or, si l'on rapportait à cette unité le travail produit par de l'air comprimé qui dans sa détente ne serait pas chauffé autrement que par l'air ambiant, on trouverait qu'il subit une réduction considérable sur celui qu'on supposerait devoir obtenir de la pression existante. Une expérience faite sur une grande échelle a montré la vérité de ces déductions. C'est celle tentée par M. Andraud, avec une locomotive à air comprimé à 20 atmosphères. Si notre mémoire est fidèle, cette machine qui devait fournir un assez long parcours, s'élançant à vide d'abord avec une certaine vitesse, se ralentit rapidement et s'arrêta bientôt, après avoir fait un kilomètre et demi. Le froid intense résultant de l'expansion de l'air avait produit des contractions qui annulaient une partie de la détente, puis avait condensé et congelé la vapeur contenue dans l'air, au point d'obstruer, de boucher même, les canaux et orifices d'écoulement.

Ce résultat ne condamne pas sans retour l'emploi de l'air comme moteur; mais il donne la preuve expérimentale de l'erreur commise et confirme le sens dans lequel il faut marcher pour y obvier. En tous cas il est douteux que l'on puisse jamais construire une machine locomotive à air comprimé et chauffé, un tel appareil paraissant

Digitized by Google

devoir exiger des dimensions que l'étroitesse de la voie ne permettrait pas de réaliser.

XXXII.

L'examen de l'utilisation du fluide à l'état calorifique ayant l'eau pour véhicule au lieu de l'air est une des questions qui présentent le plus d'intérêt et d'actualité ; nous ne pouvons nous dispenser d'en dire quelques mots, d'autant plus que ce qui précède en simplifie et en abrège l'exposé.

Un kilogramme de vapeur à 100 degrés renferme 636 calories, sur lesquelles 536 à l'état latent ont fait passer l'eau de l'état liquide, où elle occupait un décimètre cube, à l'état gazeux où elle occupe un volume 1700 fois plus grand. Cet accroissement de volume pris sur un décimètre carré correspond à une dilatation linéaire de 169 m. 90 et à une pression atmosphérique de 103 kil. 30 et ne peut s'accomplir sans qu'il y ait d'effectué un travail mécanique dont la valeur est exprimée par :

$$T = 103{,}30 \times 169{,}90 = 17550^{km}.$$

Les seules calories employées à produire ce travail théo-

rique sont celles de l'électricité latente, de sorte que le travail apparent et disponible produit par une calorie dans le passage de l'eau à l'état de vapeur sous la pression atmosphérique est :

$$T = \frac{17750}{536} = 32{,}60^{km};$$

ce qui indique qu'il y a une quantité énorme de fluide ou de travail mécanique consommé pour constituer l'eau à un état que l'air possède d'emblée. La détente, d'après ce qu'on a vu précédemment, ne peut que doubler ce travail, de telle sorte que le travail utile théorique que l'on peut retirer de l'eau transformée en vapeur pour une calorie est :

$$T = \frac{2 \times 7750}{636} = 56^{km}$$

à peine, c'est-à-dire environ le cinquième de la puissance mécanique contenue dans une calorie.

On voit, par là, que l'eau transformée en vapeur est loin d'être un véhicule avantageux pour l'utilisation de la force recélée par le fluide électrique. Tout ce que l'on peut en dire, c'est qu'elle est un véhicule commode, en ce sens que l'on peut en renfermer une grande quantité dans un appareil de dimensions très-petites par rapport à ceux qui contiendraient de l'air à un degré de compression même très-

élevé (1). C'est ce qui la rend tout particulièrement propre à être employée dans les machines locomotives ou locomobiles; tandis que les machines à air chaud sembleraient devoir être préférées pour les machines fixes dans les établissements où l'on ne trouverait pas le moyen d'utiliser l'eau de condensation.

Cependant, avant que l'on puisse se prononcer définitivement sur l'infériorité relative de la vapeur d'eau, il y aurait encore une question préjudicielle à résoudre ; car, ainsi que nous l'avons fait voir incidemment dans le paragraphe précédent, la solution ne dépend pas uniquement de la quantité absolue de travail mécanique que peut rendre l'un ou l'autre de ces véhicules par l'absorption d'une calorie, mais du temps que cette absorption met à s'effectuer. Il est parfaitement clair en effet que si l'air, tout en étant capable de produire avec la même quantité de fluide un effet mécanique quintuple, exige pour s'approprier ce fluide cinq fois plus de temps ; ou bien, s'il faut, à cause de sa difficulté à s'échauffer, le faire traverser dans le même temps par cinq fois autant de fluide, pour qu'il retienne de quoi produire le travail mécanique en question, il aura, sauf l'incommodité du volume des appareils en plus, la *même*

(1) En effet, un kilog. d'eau à une température voisine de 0° occupe un litre ; un kilogramme d'air comprimé à 20 atmosphères en occupe 38 1/2.

valeur industrielle que l'eau, ni plus ni moins, puisqu'il exigera pour cela la même quantité de combustible et la même dépense.

XXXIII.

Dans ce cas, le seul avantage que nous aurions retiré de l'examen de l'air comme véhicule de la force serait de nous avoir fait connaître, si non la valeur absolue de l'équivalent mécanique de l'électricité, du moins une certaine valeur assez élevée du pouvoir mécanique de cet agent, valeur que nous devons essayer de réaliser par tous les moyens en notre pouvoir.

Pour atteindre le but, il s'agit de rechercher les substances les plus promptes à s'approprier le fluide et en exigeant le moins possible pour leur changement d'état. Les éthers sulfurique et chlorhydrique paraissent être dans ces conditions (1). C'est ce qui a donné lieu aux machines à

(1) L'éther chlorhydrique se vaporise à 11°; l'éther à 80. Ce dernier a une capacité calorifique moitié de celle de l'eau ; son calorique latent de vaporisation n'est que de 97. M. de Moléon, en rendant compte de la machine à vapeurs combinées de MM. du Trembley et Bastia, rapporte qu'un jet de vapeur à 100 produit en 4 *minutes*, dans une chaudière à éther de 109 litres, de la vapeur à 7 atmosphères.

Digitized by Google

vapeurs combinées, dans lesquelles la vapeur d'eau qui sort du cylindre, ou l'eau de condensation, sert à vaporiser l'une ou l'autre de ces deux substances que l'on fait agir comme la vapeur d'eau dans un cylindre spécial; après quoi, elles sont facilement condensées et ramenées dans l'appareil vaporisateur pour servir indéfiniment à reprendre une nouvelle quantité de l'agent moteur.

On peut se rendre compte, ainsi qu'il suit, des avantages théoriques de ces combinaisons.

L'éther sulfurique sous la pression atmosphérique bout à 35°66. La densité de sa vapeur comparée à celle de l'air est de 2,586, de telle sorte qu'un kilogramme de cette vapeur occupe 298 litres. D'un autre côté, sa densité en liquide à 24°77 étant de 0, 712, un kilogramme occupe à cette température un volume de 1 litre 40. Il suit de là que, dans la vaporisation de un kilogramme de ce liquide, il y a un travail produit représenté par

$$T = (298 - 1,40) \times 103,30 = 3300^{km}.$$

On peut admettre que la détente, poussée à sa limite extrême, doublerait ce travail. Or, comme la chaleur latente de l'éther est de 97 calories et sa chaleur spécifique moitié de celle de l'eau, le nombre de calories dépensées pour le porter de 0° à 35,66 est de 132, 66; d'où il suit que le travail d'une calorie est :

$$T = \frac{6600}{132\ 66} = 50^{km}$$

environ, c'est-à-dire à peu de chose près celui de la vapeur d'eau. Or, une calorie employée à la vapeur d'eau ne produisant que 56 kilogrammètres, et le surplus de la chaleur, soit les 0,81, étant rendu à l'eau de condensation et supposé transmis en entier à l'éther, ce liquide ajouterait à l'effet mécanique tiré de l'eau les 0,81 du travail ci-dessus soit 40 kilogrammètres qui, joints au précédent, doubleraient presque l'effet obtenu de la vapeur d'eau.

L'avantage doit être plus grand encore pour l'éther chlorhydrique qui bout à 11°, dont la densité en liquide à 5° est 0,874 et dont la pesanteur spécifique en vapeur est 2,279, celle de l'air. Ce qui fait qu'un kilogramme de cette vapeur à la pression atmosphérique occupe un volume de 347 litres, et, comme en liquide le kilogramme occupe 1,145, le travail mécanique produit par le changement d'état est :

$$T = (347 - 1,145)\ 103^{k}\ 30 = 3600^{km}$$

à pleine pression, et le double, soit 7200, avec la détente et la condensation.

Les données manquent pour pousser cette investigation plus loin avec quelque certitude. Mais en admettant que la quantité de chaleur latente diminue dans les éthers avec le

Digitized by Google

degré d'ébullition et qu'elle ne soit plus pour la vapeur dont il s'agit que de 30 calories seulement et que la capacité calorifique soit la même que celle de l'éther sulfurique, le nombre de calories ayant produit le travail ci-dessus aurait été de

$$30 + 11 \times 0{,}50 = 35{,}50,$$

et le travail produit par une calorie serait :

$$\frac{7200}{35{,}40} = 206^{km};$$

celui donné par les 0,81 de calorie, qui restent après le travail de la vapeur d'eau, communiquerait à l'éther chlorhydrique les 0,81 du travail ci-dessus, soit 166^{km}, qui joints aux 56 dus à la vapeur d'eau donneraient 222^{km}, ce qui se rapprocherait beaucoup du travail théorique recélé par le fluide à l'état calorifique. Il est possible qu'en réalité les chaleurs spécifique et latente de la substance en question soient plus favorables encore que nous ne l'avons supposé à l'obtention d'un pareil résultat. On voit quel intérêt il y a à s'en assurer, à rechercher les moyens de produire à bon marché ces deux liquides qui sont sans action sur les métaux et de leur communiquer la plus grande part possible des 0,81 de calorie non utilisés et abandonnés par la vapeur à l'eau de condensation.

Digitized by Google

XXXIV.

D'après ce que l'on vient de voir, on peut conclure que le travail mécanique libre utilisable fourni par une calorie varie avec la substance qui lui sert de véhicule. Celles qui ne changent pas d'état comme l'air et ne font que se dilater sous l'influence de l'incorporation du fluide paraissent les plus aptes à donner le maximum d'effet. C'est ce maximum que l'on appelle équivalent mécanique de la chaleur et que nous sommes en droit de considérer comme l'équivalent mécanique de l'électricité ayant l'air ou un gaz permanent pour véhicule. Cette valeur n'est sans doute pas la limite du travail que l'on peut retirer de l'électricité. Il n'est pas impossible que l'on trouve un moyen plus direct d'utiliser la force recélée par l'électricité, susceptible d'un rendement plus considérable.

Après l'air et les gaz permanents, viennent les substances liquides plus ou moins faciles à volatiliser sous la pression atmosphérique. Celles qui se rapprochent le plus d'être gazeuses sous cette pression et à la température ordinaire,

Digitized by Google

dont le point d'ébullition est très-bas, la capacité calorifique faible, la chaleur latente peu élevée, sont aussi celles dont l'effet utile se rapproche le plus de celui des gaz permanents. L'eau vient après ces substances. Entre l'eau et les solides, il y a une longue série de liquides plus denses ou bien ayant, dans tous les cas, un point d'ébullition de plus en plus élevé, une chaleur latente considérable et devant par conséquent rendre un travail mécanique de plus en plus faible. On arrive ainsi par une gradation insensible aux solides qui, pour passer à l'état de vapeur sous lequel ils pourraient seulement donner un travail mécanique en rapport avec les précédents et devant pour cela franchir trois changements d'état, doivent absorber la plus grande partie du travail mécanique existant dans le fluide incorporé et en définitive ne donner à l'état solide qu'un résultat tout-à-fait insignifiant.

Si, en effet, on veut se rendre compte du travail que peut donner l'échauffement d'un métal comme la fonte, par exemple, il suffit d'imaginer un cube de cette substance de un mètre de côté et de considérer le mouvement qui se produit dans cette masse par rapport à trois faces du cube s'intersectant prises comme plans coordonnés. Par une augmentation de température, le mouvement aura lieu dans trois directions perpendiculaires à ces plans ; si l'on

appelle A l'allongement produit par une élévation de 1° dans la température, P le poids par centimètre carré de section capable de produire cet allongement, la force développée sur les trois sections du cube sera de 30000 P et le travail mécanique T sera égal à 30000 P × A.

Or P est donné par la formule (1)

$$P = 969568 \frac{A}{L} - 188500268 \frac{A^2}{L^2}$$

L étant égale à 100 centimètres et H = 0 c. 001125, on aura en négligeant le deuxième terme du second membre de l'équation à cause de la petitesse extrême de l'allongement.

$$P = 969568 \frac{0,001125}{100} = 9,69 \times 1,125 = 10^k 9$$

et par conséquent

$$T = 30000 \times 10,9 \times 0,00001125 = 3^{km} 67.$$

On voit par là que le travail mécanique fourni par la dilatation est fort peu de chose, ainsi que nous l'avions fait présentir; et cela ressort bien mieux encore en mettant ce résultat en regard du nombre de calories nécessaire pour élever le cube en question de 1°. Si ce cube était d'eau, ce

(1) Voir, pour cette formule, notre ouvrage sur les résistances et autres propriétés du fer, de la fonte et de l'acier, etc. p. 18.

nombre serait de 1000 calories; mais le poids du mètre cube de fonte étant de 7200 kilos et sa capacité calorifique de 0, 11, la quantité de chaleur correspondant à un degré de température est de

$$7200 \times 0{,}11 = 790$$

et par suite le travail laissé libre sur une calorie est de

$$\frac{3^{k.m},67}{790} = 0^{k.m},00465.$$

Il est certain que le travail libre laissé par calorie absorbée est supérieur à ce chiffre. Car on se rappelle que, dans un corps que l'on échauffe, il se fait deux parts du fluide incorporé, l'une à l'état latent qui imprime le mouvement aux molécules des corps, l'autre à l'état sensible qui s'écoule sans cesse et s'accuse par les indications thermométriques et par la sensation de chaleur, et qui ne peut produire de travail mécanique qu'en passant de l'état vibratoire à l'état de translation. Mais, comme l'un ne va pas sans l'autre et que les deux réunis forment le calorique spécifique des corps, tous les deux doivent entrer en ligne de compte du moment qu'il s'agit de mesurer l'effet utile produit pour une dépense déterminée de fluide. Et l'on voit par là que les corps solides sont peu propres à être employés comme véhicules de la force à la manière des autres substances que nous venons d'examiner.

Digitized by Google

XXXV.

Cependant il y a un moyen de les utiliser dans cette vue, c'est en leur faisant absorber le fluide à l'état de translation, c'est-à-dire latent et leur communiquant ainsi le mouvement directement. Un boulet de canon, par exemple, reçoit de la transformation de la poudre en gaz une partie du fluide mis en liberté à l'état de translation et part avec une vitesse considérable. S'il est arrêté dans sa course par un obstacle suffisant, suivant ce qu'il aura conservé du fluide incorporé, il arrivera de deux choses l'une : ou bien le boulet restera entier et le fluide passant par le choc à l'état vibratoire fera apparaître dans le projectile une forte chaleur ; ou bien le mouvement de translation du fluide changera de sens et fera voler le boulet en éclats qui pourront conserver une certaine quantité de chaleur sensible, mais moins que dans le cas précédent.

De cette distribution du fluide et de son incorporation dans le projectile, il nous a semblé, si nos vues sur ce point sont exactes, que si l'on tirait un canon à poudre

Digitized by Google

seulement, la pièce devrait s'échauffer bien plus que lorsqu'il y aurait un boulet. Or, nous avons trouvé que cette déduction avait été confirmée d'avance par de nombreuses expériences faites par Rumford sur un canon de fusil (1).

(1) Ce fait arrive à notre connaissance au moment de livrer ce paragraphe à l'impression. Nous l'avons trouvé dans un article de M. Laboulaye publié dans le premier numéro des *Annales du Conservatoire des arts et métiers*. Il est trop important pour nous contenter d'en intercaler simplement la mention dans notre texte. Nous transcrivons ci-après le passage en entier.

« Occupé en 1778, » dit Rumford « à faire des recherches sur la force de « la poudre à canon et la vitesse des balles projetées par les armes à feu, « j'avais occasion de tirer souvent, avec des charges différentes, un canon « de fusil qui était suspendu par deux baguettes en fer dans une position « horizontale, et j'eus l'occasion d'observer un phénomène qui me frappa « fortement.

« Comme ces expériences avaient pour objet principal de déterminer, par « le recul du canon, la vitesse avec laquelle la balle était projetée, il fallait « commencer par déterminer combien le poids de la poudre qui était em- « ployée pour chasser la balle contribuait au recul; et, pour décider cette « question, je fis plusieurs expériences consécutives, avec la même charge « de poudre, tantôt sans balle, et tantôt avec une, deux, trois et même « quatre balles placées les unes sur les autres.

« J'étais dans l'habitude de saisir avec la main gauche le canon, aussitôt « après chaque décharge, pour le tenir pendant que je l'essuyais en de- « dans avec une baguette garnie d'étoupes, et j'étais fort surpris de trou- « ver que le canon était beaucoup plus échauffé par l'explosion d'une « charge de poudre donnée, quand il n'y avait point de balle devant la « poudre que quand une ou plusieurs balles étaient chassées par la charge.

« Jusqu'alors j'avais regardé la chaleur qu'acquiert une arme à feu quand « on la tire, comme provenant immédiatement de celle qui résulte de la « combustion de la poudre communiquée par la flamme; mais le résultat « de cette expérience me fit voir que cette opinion était certainement erronée. »

Rumford donne du phénomène une explication que M. Laboulaye n'admet

Ce fait important, qui n'avait pas reçu d'explication jusqu'ici et que nous avons vu, pour cette raison, mettre en doute par le physicien qui le rapportait, n'est qu'une conséquence toute naturelle de l'opinion qui regarde la chaleur comme un mode de mouvement du fluide électrique, susceptible de se transformer, suivant les circonstances, à la manière de celui des corps solides élastiques.

Avons-nous besoin d'ajouter, après cela, que c'est par le passage du fluide du piston à la manivelle, de celle-ci à l'arbre moteur, que le mouvement est communiqué à tous les organes d'une machine motrice et finalement à ceux de la machine outil. On comprend pourquoi tout frottement engendrant de la chaleur est une cause de perte de force mécanique; puisque cela indique qu'une partie de l'agent moteur qui pénètre et anime les organes en mouvement de la machine passe à l'état vibratoire, forme sous laquelle il ne

pas avec raison, et il ajoute : « *Le fait observé correspond à une transformation évidente en travail d'une quantité notable de chaleur sensible.* Bien étudié il eût conduit à fonder la théorie dynamique de la chaleur telle qu'on cherche à l'établir aujourd'hui ; mais il ne pouvait d'aucune manière, comme le dit très-bien Rumford, s'accorder avec l'hypothèse du calorique. » A la place de la partie soulignée, nous dirions, en nous appuyant sur notre théorie, que le fait du plus grand échauffement du canon de fusil tiré à poudre tient à ce qu'une portion du fluide qui dans un cas passe à l'état de translation, en s'incorporant dans les balles, dans l'autre cas passe dans le fusil à l'état vibratoire et se traduit au toucher par une sensation de chaleur.

Digitized by Google

peut plus produire de travail utile, et s'écoule et se répartit sur les corps ambiants. On reconnaîtra une fois de plus, nous l'espérons, que l'admission ou plutôt l'existence reconnue d'un fluide, loin d'être un obstacle à l'explication des phénomènes physiques et mécaniques, aide au contraire à les expliquer de la manière la plus simple et la plus naturelle.

Notre conviction dans la réalité du système que nous proposons ne saurait être ébranlée parce qu'il laisserait certains faits sans explication, ou même parce qu'il s'en rencontrerait de temps en temps de contradictoires en apparence. La raison en est qu'en bonne logique un fait négatif ou douteux ne saurait infirmer ou affaiblir ni des faits positifs nombreux, ni la loi ou le système qui les relient entre eux. Toutes les fois qu'un fait de ce genre se produit, la seule conclusion véritablement logique et scientifique à en tirer, *c'est que le fait principal réel est masqué par des phénomènes accessoires, accidentels, qu'il suffit de pouvoir ou de savoir dégager pour faire rentrer l'exception dans l'ordre des faits positifs.*

Aussi nous ne saurions, ainsi que l'a fait M. Grove (1), *opposer* le phénomène de la dilatation de l'eau passant

(1) Corrélation des forces physiques, p. 60.

à l'état de glace « à l'opinion qui consiste à regarder la chaleur comme une force expansive communicable, » dans le cas même où nous n'en trouverions pas d'explication d'accord avec cette opinion. Mais ce phénomène ne constitue pas une difficulté sérieuse ainsi que le pense le physicien anglais. Dans le système que nous nous efforçons de faire prévaloir, l'explication en est au contraire des plus faciles et vient prouver une fois de plus le principe ci-dessus que nous avons souligné. En effet, au moment où l'eau passe de l'état liquide à l'état solide, tout le fluide latent nécessaire pour le maintien de la substance à l'état liquide est mis en liberté. Il en résulte qu'une certaine quantité d'eau est vaporisée et emprisonnée par l'eau solidifiée, si bien que la glace se trouve par le fait de ce phénomène accessoire dans une situation analogue à la lave des volcans, dont la densité est diminuée et le volume augmenté par les gaz et les vapeurs qu'elle a retenus au moment de sa solidification.

Digitized by Google

CHAPITRE III.

ÉTUDE SPÉCIALE DE L'ÉLECTRICITÉ ET DE SON RÔLE DANS LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES OU SA PRÉSENCE A ÉTÉ PLUS PARTICULIÈREMENT RECONNUE.

XXXVI.

Tout ce qui précède suppose l'existence d'un seul fluide électrique. L'idée n'est pas neuve. Franklin, tout le premier, n'en reconnaissait qu'un seul. Les Allemands, en général, partagent encore cette opinion. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'il y en a un. Le deuxième n'a été inventé que pour expliquer certains phénomènes dont on ne se rendait pas bien compte avec un seul fluide. Cependant, il paraîtrait que les Allemands s'en passent et s'en tirent à leur satisfaction. Comme les ouvrages français ne font aucune mention des détails de ce système,

Digitized by Google

nous ne savons comment nos voisins se rendent compte de tous les faits consignés dans les ouvrages de physique et attribués à cet agent. Mais ce que nous avons constaté, c'est qu'il suffit pour cela d'en donner la description ci-après :

L'électricité est un gaz d'une subtilité extrême qui pénètre tous les corps, et dont chacun, sous une pression atmosphérique et un état hygrométrique déterminés, contient toujours la même quantité; que la moindre impulsion met en mouvement, que le choc ou le frottement fait sortir des interstices entre les molécules où il est logé, ou met en vibration de manière à accuser sa présence par des signes extérieurs. Accumulé à la surface des corps appelés conducteurs, il y est retenu dans une certaine mesure par l'air, comme ce gaz lui-même, à un certain état de tension, est retenu dans une enveloppe plus ou moins perméable. Cependant, il tend sans cesse à se mettre en équilibre sur des corps voisins qui en sont différemment chargés, comme l'eau dans les vases communiquants; ce qu'il effectue, petit à petit, en traversant son enveloppe aérienne si le conducteur est rond; rapidement, s'il est parsemé de pointes; plus rapidement encore, si l'on établit, entre ces divers corps, des communications au moyen de baguettes métalliques.

Digitized by Google

XXXVII.

Cela posé, et appliquant toujours au fluide les notions ordinaires de la mécanique, nous avons cru, dans un premier essai, pouvoir nous rendre un compte exact du jeu de la machine électrique, de la manière suivante :

Un plateau de verre tourne entre des coussins, le frottement met en branle l'électricité naturelle et statique de ce plateau, y amène une partie de celle du corps frottant, la force centrifuge l'accumule avec une tension croissante dans la zône frottée et vers les extrémités du diamètre, tandis qu'elle fait le vide vers le centre. L'électricité accumulée trouvant, de chaque côté du plateau, une multitude de petits canaux métalliques, s'y précipite et s'accumule sur le conducteur. Mais en même temps, et toujours en vertu de la loi d'équilibre, le centre du plateau et les coussins mis en rapport, par une chaîne métallique et par la personne qui tient la manivelle, avec le sol à son état de tension naturel, récupère à mesure l'électricité perdue. C'est ainsi que l'on peut s'expliquer comment une machine électrique peut donner une quantité indéfinie d'é-

Digitized by Google

lectricité et recharger continuellement le conducteur à mesure qu'on lui soustrait celle que l'on y avait accumulée.

Cette explication est celle que nous avons donnée dans le mémoire lu devant la Société des Ingénieurs civils, le 18 mai 1860. Mais, après un examen plus approfondi de la question, après les idées développées dans les paragraphes précédents et le XXXVe en particulier, après une expérience très-simple que nous allons rapporter, nous avons été amené à y introduire une modification importante.

Il résulte, en effet, de ce que l'on a vu dans le chapitre précédent, que toute communication de mouvement à un corps résulte de l'incorporation par lui d'une certaine quantité d'électricité à l'état de translation, et que, lorsque ce mouvement vient à être atténué par le frottement ou arrêté par le choc, l'électricité incorporée, d'abord latente, devient apparente sous la forme calorifique en changeant son mouvement de translation en mouvement de vibration. S'il en est ainsi, il doit se rencontrer des circonstances où l'électricité, ainsi rendue libre et ne trouvant pas un corps dans lequel elle puisse facilement s'incorporer, les vibrations s'éteignent et le fluide s'écoule à la surface du corps en question et passe de celui-ci sur un

Digitized by Google

autre en revêtant une physionomie particulière. Ce cas se rencontre justement dans la machine électrique ordinaire. Une certaine quantité de mouvement est imprimée à la manivelle et au plateau de cette machine, due à l'incorporation d'une certaine quantité de fluide empruntée au au corps qui imprime le mouvement et qui en est lui-même pénétré. Ce mouvement, au lieu de se communiquer à un autre corps se résout en un frottement du plateau contre les coussins, c'est-à-dire dans le frottement de deux corps peu aptes à favoriser la transformation du mouvement de translation du fluide en mouvement vibratoire calorifique. Dès-lors, le fluide doit s'écouler sur le plateau et de là sur tout corps qui lui est présenté, et dont la texture moléculaire oppose le moins d'obstacle à son mouvement.

Cette manière d'expliquer la mise en liberté du fluide électrique a le mérite d'être parfaitement concordante avec les notions nouvelles que nous avons produites au sujet de cet agent remarquable. Elle est encore prouvée par les deux faits suivants : si l'on substitue au plateau en verre un corps qui s'échauffe facilement, comme un métal, il n'y a aucune apparition du fluide dit à l'état statique. Il passe entièrement à l'état vibratoire calorifique. *Si l'on pose la machine électrique sur quatre supports en verre, de*

Digitized by Google

manière à l'isoler complétement du sol, au lieu de l'y faire appuyer par les quatre pieds d'une table ordinaire; et, que celui qui imprime le mouvement à la machine se place lui-même sur une table isolante, il y aura, contrairement à ce que l'on peut déduire de l'ancienne théorie comme de celle que nous avons donnée au commencement de ce paragraphe, production d'électricité aussi bien que si la machine et celui qui la tourne se trouvaient dans la situation jusqu'ici jugée indispensable.

Ceci achève de prouver que tout mouvement est bien réellement dû, ainsi que nous l'avions déjà dit, à la présence à un état particulier du fluide électrique; cela était déjà démontré par le fait de l'identité de la chaleur et de l'électricité, par celui de la transformation du mouvement vibratoire du fluide en mouvement de translation et réciproquement. Il ne peut plus y avoir le moindre doute sur ce sujet dès l'instant où nous tirons d'un corps le fluide qui l'a mis en mouvement pour le faire apparaître à l'état statique où son identité est indéniable.

Il résulte encore, de l'expérience que nous avons soulignée, une conséquence importante : c'est que l'électricité accumulée sur la machine, ne pouvant venir du sol, vient nécessairement de l'homme et en particulier du membre mis en mouvement par sa volonté; que ce membre lui-

Digitized by Google

même doit tirer son mouvement d'une accumulation du même fluide, et que, par conséquent, le corps humain est l'appareil producteur d'électricité par excellence. Nous donnerons, dans le chapitre IV, de nouvelles preuves du rôle que nous venons d'attribuer à l'électricité, et nous nous efforcerons d'expliquer, dans le chapitre V, comment ce fluide s'introduit dans l'organisme, et par quel mécanisme il se dégage pour être mis au service de la volonté et produire les mouvements musculaires et autres.

A côté de cette explication si simple et si naturelle, mettons la théorie officielle de la machine électrique, en y joignant les réflexions et objections insurmontables qu'elle soulève pour peu qu'on l'examine avec attention.

XXXVIII.

« Le frottement, dit la théorie, sépare sur le plateau les « deux électricités; la vitrée décompose *par influence* « celle du conducteur, *attire* la résineuse qu'elle neutralise « et y met en liberté, à l'état apparent, *son électricité na-* « *turelle vitrée.* » Il suivrait de là qu'il y a entre les deux électricités d'autres rapports que les rapports mécaniques,

Digitized by Google

puisqu'il y est question d'*influence* et d'*attraction*. L'influence peut-elle s'exercer autrement que par la pensée de l'être animé? L'attraction, par la *sympathie* ou la différence entre deux *volontés?* Voilà donc les physiciens matérialistes pris en flagrant délit de traiter les deux électricités comme deux êtres spirituels ayant l'*intelligence* et la *volonté*! Ce n'est pas nous qui les blâmerons d'entrer dans cette voie ; au contraire. Seulement si nous avons jamais recours à des conceptions de ce genre, c'est qu'il nous aura été démontré que de telles choses existent, que l'on ne peut s'en passer et qu'il y aurait de l'aveuglement à ne pas les admettre. Mais alors nous le ferons sans ambages, en poussant les choses à leur limite extrême et les appelant nettement par leur nom. Serons-nous, dans ce cas, moins logique que les physiciens de l'école officielle?

Une autre conséquence de cette théorie, c'est que l'électricité vitrée qui apparaît sur le conducteur serait l'un des éléments de l'électricité naturelle de ce corps; d'où il doit suivre *que la quantité que l'on peut en tirer et mettre ainsi en liberté est nécessairement limitée.* Cependant il est notoire qu'avec ce simple conducteur, pourvu que l'on tourne toujours, on peut charger une *quantité indéfinie* de bouteilles de Leyde et de batteries électriques! Il faut avouer que c'est là un précieux tonneau dont la découverte

Digitized by Google

pour les autres fluides ou liquides serait payée bien cher!.. La théorie de l'électrisation par influence, dont celle de la machine dépend, l'emporte encore et tout naturellement sur cette curieuse invention.

XXXIX.

En effet, deux sphères, A et B, étant mises en présence, l'une A supposée chargée d'électricité vitrée, l'autre B à l'état neutre, l'électricité de celle-ci est décomposée (par influence, bien entendu); la résineuse se porte du côté du corps A, la vitrée est refoulée de l'autre côté. Les choses étant dans cet état, si l'on touche le côté du corps B opposé au corps A, la mécanique reprend ses droits et l'électricité vitrée de B s'écoule dans le sol. Mais, ce qu'il y a d'extraordinaire, c'est que si l'on touche l'autre côté, où il n'y a, d'après la théorie, que de l'électricité résineuse, c'est encore la vitrée qui s'écoule, sans doute à cause de son *horreur* pour l'électricité de même nom du corps A. M. Pouillet, qui qualifie ce phénomène de remarquable, très-remarquable en effet au point de vue sous lequel il

Digitized by Google

est présenté, l'explique différemment, mais d'une manière qui n'est ni plus heureuse, ni plus concluante.

En effet, ce physicien admet que l'électricité naturelle du conducteur ou du doigt que l'on approche du corps B est aussi décomposée par influence et de la même manière que celle de ce corps ; que son électricité vitrée est refoulée dans le sol, et que la résineuse passe sur le corps B pour aller neutraliser *de l'autre côté,* où elle est accumulée, l'électricité vitrée de ce corps.

XL.

Mais nous opposerons à cette théorie l'objection suivante : il est évident que la faculté que l'on prête au corps A de décomposer l'électricité naturelle des corps voisins doit *être limitée.* Et alors, il arrivera de deux choses l'une : ou cette faculté est épuisée, ou elle ne l'est pas ; si elle l'est, on aura beau présenter un nouveau conducteur du côté de l'extrémité résineuse du corps B, l'électricité de ce conducteur ne sera pas décomposée, et il ne pourra y avoir en aucune façon neutralisation de l'électricité vitrée de B ; ou

bien la faculté de décomposition du corps A ne sera pas épuisée ; et alors l'électricité du conducteur ou du doigt que l'on approchera toujours du côté résineux de B sera décomposée de la même manière que celle de ce corps. La vitrée sera refoulée dans le sol ou en arrière, et la résineuse attirée. Mais, alors en vertu de l'*attraction* exercée par le fluide vitré de A sur l'électricité résineuse du doigt comme sur celle de B, en vertu de la *répulsion* existant entre les deux électricités du même nom, l'électricité résineuse du doigt restera en place, à moins que l'on n'invente pour la circonstance une nouvelle force la soustrayant à cette double influence et l'escortant, sous bonne garde, jusqu'à l'extrémité du corps B, où la neutralisation est censée s'effectuer.

Il ressort clairement de ce qui précède que l'explication donnée par M. Pouillet de l'électrisation dite *par influence* n'est ni plus rationnelle ni plus admissible que la première que nous avons aussi réfutée, ni plus heureuse que la théorie de la machine électrique fondée également sur l'admission de deux électricités. Voilà donc cette trop fameuse hypothèse des deux fluides en défaut au point de départ, dans l'explication des deux ordres de phénomènes les plus importants, ceux qui forment la base de l'électricité dite statique. Cela nous dispense d'examiner les autres

phénomènes de cette catégorie au point de vue de la même théorie. Nous préférons continuer l'édification de la nôtre et, après avoir donné de la machine électrique une explication claire et simple, fondée sur l'existence d'une seule électricité, et les notions ordinaires de la mécanique, nous espérons par les mêmes moyens arriver à donner une explication tout aussi satisfaisante des faits connus sous les noms d'*électrisation par influence*, d'*électricité dissimulée*, etc.

XLI.

Pour faire mieux comprendre comment nous entendons l'électrisation dite par influence, supposons un vase oblong demi-cylindrique renfermant de l'eau à quelques centimètres de hauteur; à côté de ce vase une capacité renfermant de l'eau soumise à une forte pression et munie d'un robinet capable de lancer un jet d'eau obliquement à l'extrémité voisine du premier vase. Si à un moment donné on ouvre le robinet, l'eau de ce vase sera en partie refoulée à l'autre extrémité, de manière à dépasser le niveau

Digitized by Google

primitif, quand bien même on en écoulerait à mesure une quantité d'eau égale à celle qui y tombe; de telle sorte que si l'on perçait un trou à l'extrémité opposée au robinet, à un niveau notablement supérieur au niveau primitif, l'eau s'échapperait par là.

Ce fait a la plus grande analogie avec celui qui se passe quand l'on met en présence une sphère B à son état naturel électrique et une autre A chargée d'électricité à une certaine tension. En effet, l'électricité ne trouve pas, dans l'air qui l'entoure, une enveloppe absolument imperméable. Il s'en échappe nécessairement de tous les côtés, mais principalement de celui où l'épaisseur de l'enveloppe aérienne est la plus réduite. Or, ce côté est justement celui où se trouve le corps B. Dès-lors, les molécules électriques du corps A qui feront leur trouée de ce côté viendront frapper celles de B avec une très-grande vitesse et leur communiquer un certain mouvement, qui aura évidemment pour effet de raréfier le fluide naturel de B du côté de A, et de le condenser de l'autre côté. On comprend ainsi que de quelque côté que l'on perce l'enveloppe d'air qui retient l'électricité du corps B qui a cessé d'être en équilibre, elle s'écoule, puisqu'il y en a partout, mais en quantités différentes, et que, par suite ,on mette le corps B au-dessous de son état habituel d'électrisation. Dans

cet état, si l'on vient, après avoir éloigné le corps A, à approcher le doigt du corps B, il se produira une étincelle électrique qui accusera la présence de l'électricité en mouvement, non pas, ainsi que l'enseigne la théorie, de l'électricité résineuse ou négative s'écoulant de B dans le sol; mais, au contraire, de l'électricité du sol arrivant sur B, comme l'eau dans les vases communiquants, pour y rétablir l'équilibre électrique compatible avec la pression de l'air et sa situation hygrométrique.

Cette explication est aussi simple que celle que nous avons déjà donnée du jeu de la machine électrique; aussi simple que celles fournies par la théorie sont illogiques et insuffisantes, malgré le secours extraordinaire qu'elles sembleraient devoir tirer de l'intervention d'une deuxième électricité, de la personnification de l'une et de l'autre, par le fait de la supposition qu'elles agissent d'elles-mêmes; qu'elles ne reçoivent plus le mouvement d'une cause générale extérieure inconnue, mais qu'elles se l'impriment pour se rapprocher ou s'éloigner dans des circonstances déterminées, absolument comme nous le ferions nous-mêmes à l'égard de nos semblables pour lesquels nous éprouverions de l'éloignement ou de la sympathie.

Ainsi que nous l'avons déjà fait observer, nous ne

Digitized by Google

nions pas que de telles choses puissent exister ou même qu'elles existent. Mais nous attendrons, pour les admettre, que nous soyons en présence de phénomènes qui échappent, avec un degré suffisant d'évidence, aux lois générales qui régissent l'équilibre et le mouvement des fluides, et que nous soyons amené, par notre sujet, à examiner à quelles forces ces lois doivent d'être exécutées.

XLII.

La théorie des deux électricités, considérée par le plus grand nombre des physiciens, non comme une réalité, mais comme une explication, comme un moyen de relier un certain nombre de faits, est attribuée par quelques-uns à Symner, physicien anglais. Pour M. Pouillet, au contraire, l'existence des deux fluides est un *fait*, dont la découverte remontant à 1733 est attribuée par lui à Dufay, physicien français, et dont la *réalité* est prouvée par les attractions et répulsions exercées par des bâtons frottés de verre ou de résine sur des balles de sureau. S'il était vrai que ces expériences prouvassent quelque chose de ce genre, on a vu que cela ne nous aiderait pas du tout

Digitized by Google

pour expliquer les deux phénomènes, bien autrement importants, de la machine électrique et de l'électrisation dite par influence; de telle sorte, qu'entre deux théories, l'une actuellement en vigueur expliquant les premiers faits, l'autre, les seconds, on devrait déjà être porté à pencher pour celle-ci, s'il n'y avait pas, d'ailleurs, d'autres raisons pour qu'il en fût ainsi. Mais on a vu que ces raisons abondent, puisque nous reconnaissons partout la présence et l'action d'un seul agent et qu'avec lui seul tout s'explique, ainsi qu'on l'a vu dans les chapitres précédents, sans la moindre contradiction. Nous espérons faire voir qu'il en est de même des faits secondaires, d'où M. Pouillet tire sa croyance, et de bien d'autres encore. Mais, comme désormais il ne sera plus question des deux électricités dans ce travail, nous dirons, pour en finir sur ce sujet, ce que l'on doit penser, à notre avis, sur les deux états du *même fluide* qui ont pu faire croire à l'existence de deux, comment on doit les considérer et les nommer.

Digitized by Google

XLIII.

Tous les corps, à l'état naturel et sous la pression atmosphérique et dans les mêmes conditions hygrométriques, renferment une certaine quantité d'électricité constante pour chacun, comme des vases fermés sous la pression atmosphérique renferment tous une certaine quantité d'air. Mais, de même que dans ces derniers on peut accumuler de l'air à une plus forte pression ou en diminuer la quantité, on peut, dans les vases naturels de l'électricité, qui sont tous les corps existants, augmenter la quantité du fluide ou la diminuer. Franklin désignait ces deux situations de l'électricité, sous le nom de *fluide positif* et *fluide négatif*. Mais ces deux expressions, outre qu'elles ne sont pas logiques dans l'ordre d'idées où il se plaçait, ont encore l'inconvénient d'être employées aujourd'hui comme synonymes des mots *vitré* et *résineux* et de ramener l'esprit à la pensée de l'existence de deux fluides distincts. Nous croyons donc qu'il faut les employer autrement ou les remplacer par d'autres que l'on

sente bien appartenir au même agent à deux états différents. Nous ne nous servirons donc plus, désormais, des expressions ci-dessus que sous cette forme : *électricité à l'état positif ou négatif,* et, quand nous voudrons nous servir d'un qualificatif direct pour désigner ces deux états, nous nous servirons des expressions : *fluide condensé ou accumulé,* dans un cas, et *fluide raréfié*, dans l'autre.

XLIV.

Venons-en maintenant aux expériences de Dufay sur les balles de sureau.

Si l'on frotte un bâton de verre et un bâton de résine à l'une de leurs extrémités avec un morceau d'étoffe de laine ou de peau de chat, et qu'on les approche de deux balles de sureau, celles-ci viendront toucher le bâton qui leur sera présenté, puis s'en éloigneront en s'en maintenant à une certaine distance. Si l'on présente ensuite le bâton de verre à la balle qui a touché la résine, celle-ci se précipitera sur le bâton, puis s'en éloignera aussitôt. Si l'on approche le bâton de résine de la balle qui a touché le verre, le même effet se produira.

Digitized by Google

Pour se rendre compte de ces phénomènes, il faut se rappeler (§ XXXVII) que la quantité de mouvement existant dans un corps est due à la présence, dans ce corps, d'une certaine quantité en excès de fluide électrique à l'état latent de translation ; et que, lorsque ce mouvement ne se résout pas, soit dans un mouvement de translation imprimé aux corps rencontrés par le premier, soit par une élévation de température, le fluide passe sur ces corps à l'état dit statique, en s'y distribuant d'une manière inégale qui dépend du plus ou moins de facilité que ces corps offrent au passage du fluide.

La quantité de mouvement existant dans le bras et la main à l'aide desquels on opère le frottement d'une peau ou d'un morceau de laine, avec un bâton de verre ou de résine, se trouve dans ce cas. Elle ne peut se perdre, puisqu'elle réside dans une entité spéciale et indéstructible, laquelle, ne pouvant continuer son mouvement de translation ou passer à l'état vibratoire lumineux ou calorifique, s'échappe du corps moteur à l'état de tension pour se répandre sur la laine et la résine, ou sur la laine et le verre dans des proportions différentes, et qui sont telles que l'état de tension du fluide sur le verre est plus grand que sur la résine. Cette dernière est ainsi constituée à l'état positif vis-à-vis de la laine et des corps ambiants à l'état

naturel, et à l'état négatif à l'égard du verre. A la rigueur, cette dernière expression est encore impropre, l'état négatif paraissant devoir être celui d'un corps renfermant une quantité d'électricité moindre que celle qu'il doit recéler dans les conditions ordinaires. Mais nous l'emploierons, sous cette réserve, afin de ne pas trop nous écarter du langage reçu.

Nous avons à peine besoin de faire remarquer combien cette théorie, qui n'est que l'expression des faits tels qu'ils se passent, est différente de l'ancienne, et même de celle que nous avions d'abord présentée en remplacement de celle-ci; on a déjà vu comment elle cadre naturellement avec tous les phénomènes que nous avons passés en revue. On verra que son adaptation à ceux qui nous restent à voir n'est ni moins précise, ni moins naturelle.

Cela posé, si nous approchons le bâton de verre d'une balle de sureau à l'état naturel, il se passera un phénomène analogue à celui désigné actuellement, en physique, sous le nom d'*électrisation* par influence; c'est-à-dire que, lorsque la distance entre les deux corps sera assez petite pour que l'électricité accumulée du bâton puisse vaincre la résistance opposée par la couche d'air qui la sépare de la balle, une certaine quantité s'en élancera avec la vitesse propre au fluide et produira, dans cette balle, une accu-

Digitized by Google

mulation de son électricité naturelle et de celle qu'elle reçoit du côté opposé au bâton. Mais l'air formant de ce côté une paroi d'une épaisseur indéfinie et offrant, par conséquent, au fluide une plus grande résistance que de l'autre, l'accumulation ne pourra se former sans qu'il y ait un mouvement de la balle vers le bâton. Aussitôt que le contact est effectué, il se fait sur les deux corps, en vertu de la loi d'équilibre des fluides dans les vases communiquants, une distribution d'électricité accumulée à la même tension. Chacun est entouré d'une atmosphère électrique qui fait partie des corps, en quelque sorte, et les tient éloignés l'un de l'autre, comme le feraient les centres de gravité de deux vessies attachées au même fil et dans lesquelles on viendrait à insuffler de l'air.

Les choses se passent de la même manière, si l'on approche une balle de sureau à l'état naturel d'un bâton de résine électrisé.

On peut en dire autant du cas où la balle qui aurait touché la résine serait mise en présence du bâton de verre; car, dans les trois cas, le bâton présenté aux balles est, à leur égard, à l'état positif, c'est-à-dire à un état électrique supérieur.

Si l'on présente au bâton de résine la balle qui a touché le bâton de verre électrisé, il y aura bien encore

mouvement de la balle vers le bâton; mais, les situations relatives n'étant plus les mêmes, le mouvement ne pourra plus, cette fois, se produire de la même manière.

Dans ce cas, il faut imaginer qu'en vertu de l'équilibre qui tend toujours à s'établir entre deux corps, à des états électriques différents, celui des deux dont le fluide est à une tension plus élevée, c'est-à-dire la balle dans le cas actuel, envoie à l'autre une partie de son électricité en trouant l'enveloppe atmosphérique qui les sépare; et rien ne dit qu'à un moment donné la trouée ne puisse être telle que l'électricité de celle-ci ne s'écoule en grand sur le bâton en entraînant la balle dans son mouvement. Après le contact et l'uniformité de tension rétablie, les deux corps entourés chacun, comme dans les cas précédents, d'une atmosphère d'électricité à la même tension se repoussent jusqu'à ce qu'ils arrivent à une distance l'un de l'autre, égale à l'épaisseur réunie des deux atmosphères.

XLV.

Ainsi donc, les faits fondamentaux, ceux même d'où l'on a cru pouvoir tirer la preuve de l'existence des deux élec-

Digitized by Google

tricités et de leurs vertus attractives et répulsives, s'expliquent simplement comme les précédents par un seul fluide à deux pressions différentes tendant sans cesse à se mettre en équilibre sur les corps ambiants. Nous avions arrêté là notre démonstration, dans la persuasion où nous étions qu'elle était suffisante et que les autres phénomènes relatifs à l'électricité s'expliqueraient avec la même facilité. Mais on nous fit remarquer que la question de *l'électricité dite dissimulée*, que nous laissions de côté, était une des plus importantes et que, les phénomènes curieux qui s'y rapportaient ne pouvant plus être expliqués par l'ancienne théorie, il était indispensable d'y suppléer; que c'était une très-belle occasion de mettre notre théorie à l'épreuve et de la confirmer de nouveau.

Nous nous sommes rendu à ce désir d'autant mieux que nous vîmes bientôt que cette question se rattachait à une expérience nouvelle dont nous nous étions contenté de poser les bases dans notre deuxième communication à la Société des Ingénieurs civils, et dont nous espérions rapporter la solution dans la séance suivante.

Nous avions formulé cette expérience comme il suit :

« Si l'on suspendait au bout de fils de soie une demi-
« douzaine de balles de sureau et qu'on vînt à y faire
« passer de l'électricité accumulée, aussitôt ces balles s'écar-

« teraient les unes des autres et se maintiendraient à une
« certaine distance. Si on venait à couper les fils, sollicitées
« par la pesanteur, elles tomberaient à terre. Mais si au
« lieu de faire l'expérience dans ces conditions, nous ima-
« ginons que l'extrémité du conducteur d'une machine
« électrique soit terminée par une sphère d'assez forte
« dimension et que de cette sphère nous fassions partir
« latéralement une série de conducteurs recourbés verti-
« calement, de manière à former une espèce de panier dont
« une partie de la sphère formerait le fond, et les conduc-
« teurs recourbés, les côtés ; si d'ailleurs ces conducteurs
« au lieu d'être simplement cylindriques ont une forme
« évasée de manière à ce que l'intervalle entre chacun
« soit régulier et n'excède pas un demi-centimètre par
« exemple ; et enfin, les choses étant dans cet état, si nous
« chargeons d'électricité ce conducteur d'une nouvelle
« forme et que nous y jetions les six balles de sureau que
« nous tenions suspendues tout à l'heure, que se passera-t-il?
« Il nous semble qu'après avoir été toucher une partie
« quelconque de l'appareil, et s'être envelopée d'une petite
« atmosphère d'électricité, chaque balle de sureau sera
« repoussée ; et, comme elle sera enveloppée de toutes parts
« de surfaces revêtues d'une couche d'électricité à la
« même tension, elle ne pourra tomber et se maintien-

« dra en l'air à une distance égale à la somme des deux « couches diminuée de la dépression due à la pesanteur. « Il en sera de même des autres balles qui se tiendront « forcément aussi en l'air et à distance les unes des au- « tres. N'est-ce pas là un phénomène curieux à constater? « Ne doit-il pas selon toutes probabilités se produire dans « les conditions que nous venons de fixer?

« Mais ce n'est pas tout; on peut, croyons-nous, pousser « l'expérience plus loin encore. Ainsi que l'on imagine la « sphère formant le fond du panier traversée par un arbre « métallique vertical terminé au-dessous par une roue en « verre à laquelle on puisse imprimer un mouvement de « rotation sans donner issue au fluide ; que l'on surmonte « cet arbre à l'intérieur du panier d'une sphère en cuivre « d'une certaine dimension, et qu'on mette en mouvement « cette sphère électrisée comme le reste ; que se pas- « sera-t-il, si sa distance aux balles de sureau est à peu « près celle à laquelle nous avons laissé ces balles sus- « pendues au-dessus du fond de l'appareil? Il nous sem- « ble encore que le frottement de l'atmosphère électrique « de la sphère centrale imprimera à toutes les balles un « mouvement de translation dans le sens de sa rotation et « en outre un mouvement rotatoire dans le sens contraire « au sien. »

Digitized by Google

XLVI.

Avant de procéder à une expérience de ce genre, exigeant la construction d'un appareil coûteux, qui aurait pu, pour des raisons que nous ne pouvions prévoir, ne pas réussir, nous l'avons réduite à sa plus grande simplicité en cherchant au moyen de vases électrisés, de formes diverses, à réaliser le phénomène de suspension dans l'espace, et sans fil, d'une seule balle de sureau. Nous dirons plus loin les résultats que nous avons obtenus en ce qui concerne ces expériences et celle dont il vient d'être question. Nous commencerons par donner ceux auxquels nous ne nous attendions pas, qui nous ont fourni la preuve, par le fait, de l'unité de l'électricité, et qui nous ont conduit par la voie la plus naturelle à l'explication des phénomènes de l'électricité dite dissimulée.

Avant d'entrer dans le détail de ces expériences, commençons par constater, sur la machine électrique elle-même, quelques faits qui ont leur importance.

D'après la théorie universitaire, s'il y avait deux élec-

tricités, dès que le disque en verre tournerait, l'électricité négative du conducteur devrait s'y précipiter pour y neu traliser l'électricité vitrée de ce disque en mettant en liberté et à l'état apparent *sur le conducteur* l'électricité de même nom. Dès-lors, on devrait reconnaître sur le conducteur, dans la partie qui se rapproche du disque, de l'électricité négative; tandis que l'électricité positive serait refoulée à l'arrière. Or une balle de sureau, chargée de l'électricité positive du conducteur prise à l'extrémité, est repoussée non-seulement sur toute la longueur de ce conducteur, mais encore sur le plateau de verre depuis la circonférence jusqu'au point où les coussins cessent de frotter. Au delà de ce point, il y a vide électrique, la balle est vivement attirée et adhère au plateau. Ce fait prouve de nouveau la fausseté de l'ancienne théorie, en même temps qu'il confirme la nôtre. Il fait voir en outre qu'il n'y a sur la machine qu'une seule électricité ou une électricité au même état de tension.

Digitized by Google

XLVII.

Cela étant, on admettra aisément que, si on met le conducteur en contact avec un autre d'une forme quelconque, il partagera son électricité avec celui-ci. Or, si le conducteur auxiliaire a une forme sphérique ou cylindrique, on constate aisément ce partage et la nature du fluide par l'action répulsive exercée sur la balle électrisée au contact du premier conducteur.

Mais, si le second conducteur a la forme d'une coupe évasée à parois intérieures convexes, comme celui indiqué dans la figure ci-après, page 150, le phénomène qui se produit est plus compliqué et demande à être analysé avec un certain détail.

En premier lieu, on remarque que le fluide se répand sur les parois tant intérieures qu'extérieures du vase, ce dont on s'assure en tirant avec le doigt des étincelles de tous les points.

Secondement, autant que l'on peut en juger en l'absence d'appareils spéciaux, ces étincelles éclatent à des distances

Digitized by Google

différentes, dans les différents points; le maximum étant aux bords du vase et à l'extérieur, le minimum au fond.

Troisièmement, quel que soit le point touché, la décharge du conducteur de la machine comme celui du conducteur auxiliaire est complète; ce qui montre bien que l'électricité accumulée sur ce dernier est la même partout que celle du conducteur de la machine.

Quatrièmement, si on place une balle de sureau sur la paroi convexe du vase en l'empêchant d'obéir à la pesanteur par un petit bourlet de cire, elle restera adhérente au vase jusqu'à ce qu'on la remonte à 3 c. 1/2 environ du bord, où elle se soulèvera légèrement et roulera aussitôt au fond. Le même phénomène se reproduira, mais plus rapidement, d'une manière plus décidée, avec un soulèvement plus grand de la balle, en la remontant graduellement jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à environ deux centimètres du bord du vase. Entre 1 c. 1/2 et 2 c., il y a hésitation ; la balle se soulève, puis quelquefois se précipite au fond, quelquefois s'élance dehors ; à partir de la distance de 1 cent. 1/2, elle sort constamment du vase.

Ce phénomène peut encore se vérifier avec une balle de sureau suspendue au bout d'un fil de soie. La balle est attirée par le fond et les parois latérales du vase jusqu'à la

Digitized by Google

première hauteur fixée précédemment, où elle se soulève légèrement, mais avec une tendance évidente à se précipiter au fond. En la promenant vers le bord du vase, elle se soulève de plus en plus et il arrive un instant où l'attraction vers le fond a cessé et où au contraire la balle est vivement repoussée au dehors.

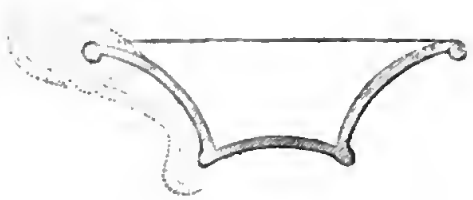
Cinquièmement, si, après avoir laissé la balle en contact, pendant un certain temps avec le fond ou la partie de la paroi latérale *où elle reste adhérente*, on la retire pour l'approcher soit du conducteur de la machine électrique, soit du bord supérieur du vase électrisé, *cette balle est vivement attirée par l'un et l'autre.*

Sixièmement, si l'on approche cette même balle, ayant touché l'intérieur du vase, de l'armature extérieure d'une bouteille de Leyde posée sur un isoloir, et dont on a touché le crochet pour mettre en évidence sur cette armature ce que l'on considère comme l'électricité négative de cet appareil, la balle de sureau est repoussée, tandis qu'elle est attirée par la boule en cuivre qui termine le crochet de la bouteille.

Septièmement, à l'extérieur toutes les parois sont fortement répulsives après le contact, à l'exception de la zône centrale du pied qui est creux ; de telle sorte, que si l'on voulait figurer l'atmosphère électrique qui enveloppe le

Digitized by Google

vase électrisée, elle affecterait la forme indiquée dans le croquis ci-contre.



Huitièmement, un vase en métal se rapprochant, plus ou moins, de la forme cylindrique quoique chargé à l'intérieur comme à l'extérieur, ne manifeste à l'intérieur aucune attraction ou répulsion sensible ; mais une balle de sureau qui s'y charge en la touchant par l'armature extérieure est vivement attirée par la surface extérieure, et repoussée de la bouteille de Leyde, comme dans le cas rapporté précédemment.

XLVIII.

Ces expériences montrent deux choses. *D'abord*, l'influence de la forme des surfaces dans la distribution de l'électricité. Il y a à cet égard une série d'expériences nouvelles à entreprendre sur des conducteurs de formes variées. *Secondement*, et c'est là le résultat sur lequel il importe de fixer l'attention dès à-présent, c'est la présence

Digitized by Google

sur le même solide conducteur d'une *même électricité* à deux états tout-à-fait analogues, l'un par rapport à l'autre, à ceux que la science a trouvés sur le *verre* et la *résine*, à l'intérieur et à l'extérieur d'une bouteille de Leyde, et qu'elle a considérés comme appartenant à *deux fluides distincts*. Or, comme il est, en outre, de toute évidence que l'électricité extérieure de la bouteille de Leyde est identique à celle du fond du vase, et que celle-ci est la même que celle des bords extérieurs de cet appareil, puisqu'elle vient de la même source et qu'elle n'en diffère pas plus que de l'air en mouvement à l'extrémité d'un tuyau ne diffère de celui qui est à l'autre extrémité à l'origine du mouvement, il s'en suit forcément qu'*il n'y a qu'une seule électricité* susceptible de se constituer dans des circonstances atmosphériques favorables, en temps sec et dans des appareils spéciaux, à deux états dynamiques ou statiques différents qui, d'après les phénomènes auxquels ils donnent lieu, semblent devoir être considérés comme étant dus à des tensions différentes du même fluide.

Digitized by Google

XLIX.

Examinons, en effet, quelle doit être la situation de ce fluide dans les divers appareils où nous le trouvons à ces deux états. Nous prendrons d'abord la machine électrique. Lorsque le conducteur de cette machine est chargé, on constate la présence d'un agent identique depuis l'extrémité du conducteur jusque vers le centre du plateau, où il revêt un caractère différent et tout-à-fait semblable à celui que l'on constate au fond du vase de forme spéciale dont il a été question précédemment, et sur l'armature extérieure d'une bouteille de Leyde ou sur le plateau du condensateur opposé à la source d'électricité. Il est à remarquer que le fluide se meut du centre du plateau vers la zône frottée, pour y remplacer celui que le frottement met en liberté à la surface du disque en verre, et que le fait de ce mouvement suffit à expliquer son faible état de tension sur la partie centrale de ce disque.

L'électricité accumulée sur le conducteur n'y reste pas indéfiniment; elle s'échappe plus ou moins rapidement sui-

Digitized by Google

vant les circonstances atmosphériques. Par un temps humide, elle s'écoule presque en même temps qu'elle est produite; tandis que, par un temps sec, il faut un temps très-considérable pour que le conducteur se décharge de lui-même. C'est un fait analogue à celui qui se passerait dans l'écoulement d'un gaz renfermé dans une vessie sèche ou mouillée.

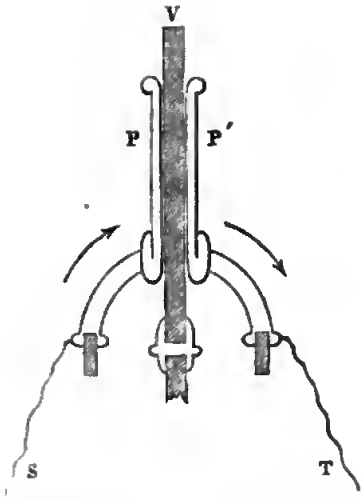
Nous l'avons déjà fait remarquer : l'air est l'enveloppe qui retient l'électricité sur les corps conducteurs, et son aptitude à la retenir dépend tout naturellement de l'épaisseur de la couche qui la sépare des objets les plus proches, et de son état hygrométrique. Mais la répartition et l'écoulement du fluide tiennent en outre à la forme du conducteur à la surface duquel il a été accumulé. C'est ici que la science officielle laisse une très-grande lacune. Il n'est question, en effet, dans les expériences de Coulomb que de la répartition de l'électricité sur des cylindres, des sphères et des élipsoïdes de révolution ; et l'on ne trouve nulle part rien de positif sur la vitesse de décharge spontanée des conducteurs de diverses formes. Nous avons commencé sur ce sujet une série d'expériences que l'imperfection et le petit nombre de nos instruments ne nous permettront peut-être pas d'achever de longtemps. Mais nous avons pu déjà constater, par exemple, que, lorsque le conducteur de notre petite

machine électrique met environ 80 secondes à se décharger seul, le déchargement s'opère en 30 secondes s'il a été électrisé en même temps que notre vase et laissé en contact avec lui. Si celui-ci a été séparé de la machine aussitôt après avoir été électrisé, il se décharge en moins de 10 secondes. Il suit de là que le vase en question a une forme favorable à un rapide écoulement. D'après la configuration qu'affecte l'atmosphère électrique qui l'entoure, le degré de répulsion éprouvée par la balle présentée aux différents points, le sens dans lequel elle est chassée quand on la promène sur la paroi intérieure; d'après le petit diamètre du bourrelet qui termine les bords du vase, il n'y a pas de doute que l'écoulement s'effectue par le bourrelet. En outre, il est assez clair que le mouvement du fluide s'établit de la paroi intérieure du vase vers le bourrelet; et c'est ce qui explique comment il se fait que le fluide quoique présent sur cette paroi, puisqu'il y donne l'étincelle, ne manifeste pas sa présence par les signes ordinaires ; il ne fait le plus souvent qu'attirer la balle de sureau et ne la repousse pas. *La balle reste adhérente à la paroi* tant que le plateau de la machine tourne, comme le ferait un disque que l'on approcherait d'un trou percé dans un tuyau renfermant du gaz en mouvement à une pression inférieure à la pression atmosphérique. Maintenant, si l'on veut se faire

une idée de la manière dont le fluide se répartit et s'écoule, il nous semble que, d'après les faits que nous venons de retracer le fluide doit d'abord s'étendre sur toute la paroi extérieure, ainsi que nous l'avons indiqué par le dernier croquis; puis traverser la matière du vase, ce qu'il ne peut faire, apparemment, sans perte de pression, pour s'écouler ensuite, avec une nouvelle perte de pression, parallèlement à la paroi intérieure, par le bourrelet formant le bord du vase. Cette explication n'a rien qui ne soit conforme aux faits. C'est du reste, et en tous cas, la seule raisonnable que l'on puisse donner du condensateur d'Æpinus et de la bouteille de Leyde, etc., ainsi que nous allons le voir.

L.

Soit un disque en verre V contre une face duquel s'applique un plateau métallique P, en rapport avec une source d'électricité S. Supposons appliqué de l'autre côté un second plateau métallique P′ en rapport avec le sol T. Au bout de quelque temps d'action de la machine, on remar-



que que les deux plateaux P et P′ sont chargés comme le sont les parois extérieure et intérieure de notre vase, quoique plus faiblement; mais, une boule de sureau, qui a touché le plateau P′ après que la communication avec le sol a été interrompue, est attirée par le plateau P et réciproquement. On constate, d'ailleurs, que l'électricité qui est sur le plateau P′ est dans le même état que celle que l'on trouve au fond de notre vase ou à l'extérieur d'une bouteille de Leyde. Ayant réduit à l'absurde la théorie de l'électrisation par influence, il ne peut plus être ici question de cette théorie ou de quelque chose de semblable, pour expliquer comment le plateau P′ est chargé d'une électricité offrant un caractère spécial. Il est certain que cette électricité vient de la même source que celle qui est de l'autre côté; et, comme elle n'apparaît pas sur le verre en dehors des disques métalliques, il faut qu'elle l'ait traversé, et *c'est à cause de cela que son état de tension est plus faible que de l'autre côté.*

Quant au fait du passage à travers le verre, on ne peut

en douter, puisqu'il n'y a pas d'autre voie (1). D'ailleurs, l'expérience du condensateur a pour résultat principal, aux yeux de ceux qui veulent voir, de montrer que cette substance a la curieuse propriété d'emmagasiner dans ses pores une grande quantité de ce fluide. En effet, si au moyen de la vis de rappel, on écarte les deux plateaux métalliques, on les trouve chargés tous les deux, mais faiblement, bien qu'il soit évident que l'appareil contient une énorme quantité d'électricité, ce qui prouve : 1° que cette électricité n'est pas à la surface du verre, sans cela elle se répartirait sur tout le système ; 2° qu'elle s'y meut difficilement dans les circonstances ordinaires ; il faut en effet, pour l'en tirer, lui offrir pour passage un conducteur entouré d'une atmosphère d'électricité, apparemment à une tension très-inférieure. Maintenant comment peut-on se figurer que le verre jouit de cette propriété d'accumuler tant d'électricité? Il suffit pour cela de reconnaître que cette substance se compose sur ses deux faces de deux couches très-minces et très-dures d'où elle tire toute sa solidité et sa consistance, et que l'intervalle est rempli de

(1) Quand ce passage se fait brusquement sous l'influence d'une grande accumulation de fluide à une forte tension, le verre est troué ou brisé comme le serait un tuyau par lequel s'écoulerait l'eau à une pression supérieure à sa résistance.

Digitized by Google

nombreux cristaux, séparés par de larges pores, offrant une surface considérable propre à l'accumulation du fluide. La manière dont le verre se coupe avec le diamant vient à l'appui de cette manière de voir. Son inaptitude à servir à cette expérience, quand il est dépoli, en est encore une autre preuve.

Il reste maintenant à expliquer comment le condensateur ou la bouteille de Leyde se déchargent par contacts successifs lorsqu'ils sont isolés. Un contact ne peut avoir lieu sans choc; ce choc se communique à toute l'électricité accumulée dans la lame de verre, l'ébranle, et par suite une partie de cette électricité s'extravase pour venir se répandre sur les deux plateaux en cuivre du condensateur. Mais celle du plateau touché s'écoule immédiatement dans le sol, et il ne reste d'apparent et de libre que le fluide répandu sur celui qui est resté isolé. Voilà pourquoi les pendules placés sur les plateaux se relèvent et s'abaissent tour-à-tour.

Digitized by Google

LI.

En résumé, la condition sous l'empire de laquelle se forme l'électricité à l'état raréfié, c'est le mouvement ou son passage à travers une substance, où la résistance à vaincre en diminue la tension, de la même manière que la tension de l'air en mouvement, dans un tuyau, va en diminuant par le frottement. C'est ce qui a lieu sur le plateau de la machine électrique, dans le vase spécial que nous avons fait construire; dans le condensateur, ainsi que nous venons de le voir, dans la bouteille de Leyde, qui n'est qu'un condensateur d'une forme particulière, et enfin sur le solide dit électrisé par influence et qui présente d'un côté une certaine quantité d'électricité qui, partant d'un conducteur fortement chargé, a dû perdre de sa tension en traversant l'enveloppe aérienne qui la retenait.

Maintenant, tous les gaz pouvant se présenter à des états de tension très-différents, on peut se demander s'il ne doit pas en être de même pour l'électricité. Assurément, et ce qui le prouve, c'est l'indécision que l'on remarque dans les

Digitized by Google

résultats, suivant que le temps est sec ou humide. La différence tranchée entre les deux états de l'électricité ne ressort bien que par un temps sec.

LII.

Pour clore ce sujet, nous reviendrons sur une expérience que nous avions indiquée précédemment et dont tout le monde a saisi de suite la portée, sans que nous ayons ici besoin d'entrer dans aucune explication. Nous voulons parler de l'électrisation d'un conducteur en forme de panier, dans lequel on aurait jeté des balles de sureau qui devaient se tenir en l'air après en avoir touché les parois, puis tourner sous l'influence d'une sphère centrale en mouvement. Cette expérience est plus difficile à réaliser qu'on ne pourrait le croire au premier abord. Mais les difficultés que l'on rencontre ne sont nullement de nature à infirmer la possibilité du résultat. Aucun des vases spéciaux que nous avons faits par nous-même, ou fait faire par l'opticien, n'a réussi. Ils n'ont servi qu'à nous éclairer sur la répartition de l'électricité sur des conducteurs de formes variées, et à

Digitized by Google

nous laisser entrevoir la forme qu'il conviendrait de réaliser pour arriver à un résultat. Nous n'abandonnons pas du tout l'espoir du succès. En attendant, on trouvera peut-être quelque intérêt dans une expérience analogue qui confirme déjà une partie des résultats prévus.

Sous l'extrémité du conducteur de la machine électrique, nous avons collé un morceau de cire mêlée avec du coton, et dans cette cire nous avons fiché verticalement une longue épingle; cette épingle sert d'axe à un disque en papier duquel partent des fils de soie, d'environ 10 centimètres de longueur, ayant à leur extrémité des balles de sureau sensiblement de la même grosseur. Dès que la machine électrique est mise en mouvement, ces balles s'écartent en se disposant en cercle. Si alors on vient à introduire, au centre, une bouteille de Leyde chargée et terminée par une boule en cuivre de 5 cent. 1/2 de diamètre, l'écartement augmente notablement; si, de plus, la bouteille de Leyde est placée, avec une certaine excentricité, sur le plateau horizontal d'un tour en bois dont le centre soit le même que celui de l'épingle, et que l'on vienne à faire tourner lentement le plateau et par suite la sphère en cuivre de la bouteille de Leyde, toutes les balles de sureau suivent ce mouvement et tournent autour de cette sphère. Il est vrai qu'elles n'ont pas de

mouvement de rotation autour d'elles-mêmes, mais nous l'attribuons simplement à cette circonstance, que les fils de soie présentent une résistance à la torsion encore trop considérable. Pour imiter complétement *le phénomène de la gravitation*, il faudrait couper ces fils ; mais alors, il faudrait que les balles ne pussent pas se précipiter sur les corps environnants à un état électriqué inférieur ; et pour cela, il faudrait peut-être disposer tout autour, comme cela se passe en réalité, un ensemble de sphères électrisées analogues à celle qui surmonte notre bouteille de Leyde.

On voit, d'après cela, ce que devrait être l'appareil pour que l'expérience eût quelque chance de réussir avec des balles libres. En tous cas, ce qui précède nous paraît suffisant pour confirmer le fait que nous avons fait pressentir ou du moins lui donner un degré très-grand de probabilité, à savoir, que la gravitation est due aux atmosphères d'électricité qui entourent les globes célestes ; et en résumé nous tirons notre conviction des faits suivants : 1° de la présence de l'électricité en quantité croissante à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère ; 2° des phénomènes de force que développe cet agent et qui sont les plus grands que nous connaissions, et qui revêtent un tel caractère que nous concevons qu'il n'y a pas de limite aux effets qu'il est susceptible de produire par la vitesse qu'il peut déployer,

la densité qu'il peut atteindre ; 3° du rapport des forces qui tiennent les globes planétaires éloignés les uns des autres et que Newton a trouvé être en raison inverse du carré des distances ; ce qui est exactement la loi trouvée par Coulomb, pour ce que l'on est convenu d'appeler les attractions et répulsions électriques ; 4° enfin, du fait expérimental des balles de sureau soustraites en partie à la pesanteur, se tenant à distance et se mouvant sous l'action d'une sphère centrale électrisée.

LIII.

Nous arrêterons là, quant à présent, nos investigations sur la partie de la physique appelée, peut-être improprement, *électricité statique*, puisqu'il y est question très-souvent du mouvement du fluide, pour nous occuper des phénomènes de l'électricité appelée plus particulièrement *dynamique*, et qui viennent se placer le plus naturellement à la suite de l'expérience dont nous venons de rendre compte. Nous voulons parler de l'origine des courants électriques terrestres et de leur action directrice

Digitized by Google

sur l'aiguille aimantée. A la rigueur, nous aurions dû d'abord traiter de la pile électrique et du magnétisme; mais rien n'empêche de constater d'abord l'existence et l'action des courants électriques, quitte à examiner ensuite comment ils se produisent. Ainsi ferons-nous.

Il convient mieux d'ailleurs à notre sujet, ou du moins au but que nous avons en vue, de terminer par l'étude des actions les plus intimes de l'agent électrique; de celles capables d'en mieux révéler la nature, la manière d'être; bref, d'en déterminer les traits qui le caractérisent plus particulièrement et qui le rattachent à un ordre de faits plus élevés et qui n'appartient plus au domaine de la physique, tel qu'on l'entend aujourd'hui. Or, c'est justement ce que nous trouverons dans l'étude de la pile et dans les effets des courants qui proviennent de cette source, ou d'ailleurs, sur les trois règnes, minéral, végétal et animal.

Lorsque deux courants se croisent, si rien ne s'oppose à leur mouvement, ils se disposent toujours de façon à cheminer dans le même sens. Jusqu'à ce jour, les physiciens se sont contentés, sauf erreur, de formuler cette proposition principale, de la démontrer par expérience ainsi que toutes celles de même nature qui en découlent selon nous, sans rechercher quelle pourrait être

Digitized by Google

la raison de ce phénomène. On ne trouvera donc pas mauvais que nous n'entrions pas dans de longs détails sur ce point, ou que nous en donnions une explication insuffisante, le temps et les appareils nous ayant d'ailleurs manqué pour faire les expériences qui auraient peut être jeté quelque jour sur la question. Aussi, nous bornerons-nous à dire qu'ici, comme dans les autres phénomènes que nous avons analysés, il faut rechercher la nature de l'action mécanique la plus simple, capable de rendre compte des faits ; et nous croyons que l'on s'en fera une idée assez juste en admettant qu'un courant électrique, dans un fil, peut entraîner un autre courant à marcher dans le même sens, après l'avoir fait tourner sur lui-même, de deux manières : soit par communication latérale de mouvement, dans le cas où les courants seraient assez forts pour produire des courants extérieurs capables de réagir l'un sur l'autre, soit dans le cas où l'un des deux serait faible, par un appel d'électricité d'un fil à l'autre, comme il se fait un appel d'air de l'extérieur dans certains cas du mouvement de l'air dans les tuyaux offrant latéralement une ouverture par laquelle le gaz puisse entrer.

Digitized by Google

LIV

Quoi qu'il en soit de cette explication, en examinant l'action des uns sur les autres des courants astatiques, des courants sur les aimants, et réciproquement; constatant ensuite la direction prise par un courant pouvant tourner autour d'un axe vertical et se mouvant circulairement dans un plan vertical, on est forcé de reconnaître, avec Ampère, que l'aiguille aimantée est un solénoïde, et qu'il existe, à l'intérieur de la terre et jusqu'à la surface, un courant électrique dirigé *à peu près* de l'est à l'ouest, auquel elle doit sa direction normale. Quelle est la nature de ce courant, à quoi est-il dû? Jusqu'ici les physiciens ont attribué l'action qui vient d'être rappelée à des courants thermo-électriques déterminés par l'action calorifique du soleil sur la terre. Mais si l'on réfléchit, d'une part, aux conditions dans lesquelles un courant thermo-électrique régulier peut se produire; et d'un autre côté, à la nature extraordinairement hétérogène et irrégulière de l'écorce terrestre; aux directions si

Digitized by Google

variées des chaînes de montagnes, des cours d'eau ; à leur influence sur la température ; à la distribution si inégale, à la surface de la terre, des mers et des continents, dans la direction dont il s'agit ; aux variations de température, non-seulement d'un lieu à un autre, mais dans le même lieu sous l'empire des changements fréquents dans l'état de l'atmosphère, on ne peut s'arrêter sérieusement à l'idée que l'orientation, relativement si constante, de l'aiguille aimantée est due à un courant de cette espèce. La résultante de ces divers courants, certainement en grand nombre, doit varier à chaque instant ; l'action des courants thermo-électriques ne peut donc être invoquée que pour expliquer, tout au plus, la différence de la déclinaison normale de l'aiguille suivant les lieux, ou plutôt les perturbations passagères auxquelles elle est sujette à des périodes irrégulières dans la même localité. Il faut donc chercher ailleurs la cause du phénomène principal.

LV.

Pour la faire mieux saisir, supposons deux sphères de métal, l'une A chargée d'électricité accumulée, l'autre B ne

Digitized by Google

renfermant que son électricité naturelle. Si l'on rapproche suffisamment celle-ci de la première, nous savons d'avance ce qui se passera (§ 51). La seconde sera d'après les errements officiels *électrisée par influence,* ou, pour parler plus correctement, il s'y fera, par suite de l'action mécanique exercée par le fluide émanant de la sphère à électricité condensée, une distribution inégale de son électricité naturelle et de celle qu'elle recevra. Cela posé, si on lui communique un mouvement de rotation autour d'un diamètre perpendiculaire au plan qui joint le centre des deux sphères, la zône la plus fortement électrisée de la seconde se déplacera incessamment, et il s'y établira forcément un courant dont le centre de gravité pourra être intérieur à la surface et qui marchera en sens inverse du mouvement de rotation.....

A la place des deux sphères que nous venons de prendre pour exemple, mettons le soleil et la terre. Le soleil chargé d'électricité condensée, qu'il émet sans cesse et qui lui revient toujours, comme l'eau évaporée à la surface de la terre y retombe, projette sur la terre une certaine quantité d'électricité qui, au contact de notre atmosphère, change son mouvement simple de translation en mouvement vibratoire qui nous donne la sensation de lumière, en conservant en partie son mouvement de trans-

Digitized by Google

lation, mouvement qui refoule, dans une certaine mesure, l'électricité naturelle de la terre vers la zône opposée à celle qui est éclairée ; et comme cette zône varie à chaque instant par le mouvement de rotation de la terre, il s'y établit un large courant s'étendant d'un pôle à l'autre, toujours le même, et qui est évidemment la cause de l'orientation normale de l'aiguille aimantée.

Mais il est à remarquer que la zône électrique, en mouvement, a nécessairement ses plans méridiens perpendiculaires au plan de l'écliptique. D'où il suit que le méridien magnétique, sauf l'influence d'autres causes, doit faire avec le plan méridien terrestre le même angle que le plan de l'écliptique avec celui de l'équateur et éprouver les mêmes variations séculaires. Il est à remarquer, en effet, qu'actuellement ces deux angles ne diffèrent que de un degré; le premier est de 22°, le second de 23°. On sait, en outre, qu'ils varient tous les deux, dans l'espace de plusieurs siècles, de quantités qui ne paraissent avoir été observées, avec une certaine suite, que pour l'aiguille aimantée. Une observation plus attentive et plus suivie justifiera, nous l'espérons, la connexité que nous croyons exister entre ces deux faits importants de la mécanique céleste.

LVI.

Nous avons fait voir à quelles causes il fallait attribuer les perturbations ordinaires de l'aiguille aimantée, outre celles que l'on sait appartenir aux aurores boréales. Il nous reste à chercher la raison de ses variations diurnes. Pour cela il nous suffira, croyons-nous, de faire remarquer que les surfaces occupées par la mer, dans les deux hémisphères austral et boréal, sont entre elles dans le rapport de 8 à 5. D'où il résulte que l'évaporation diurne dans l'hémisphère austral est beaucoup plus considérable que dans l'autre et doit donner lieu à un plus grand dégagement d'électricité, dont une partie s'élève dans l'air avec la vapeur d'eau, et l'autre s'écoule vers les points où le dégagement est moindre, c'est-à-dire du sud au nord ; ce qui ne peut avoir lieu sans une action déviatrice dans l'aiguille aimantée.

Vers le soir, c'est le contraire qui se produit par la raison que l'étendue des continents étant plus grande dans l'hémisphère boréal est plus échauffée et doit commencer

Digitized by Google

à se mettre en équilibre de température avec l'autre, dès que l'action de la source de chaleur commence à s'atténuer et aussitôt que l'un des courants peut l'emporter sur l'autre. Ce courant se porte naturellement du nord au sud et provoque, par suite, une déviation de l'aiguille aimantée du côté opposé à la première.

Ce courant thermo-électrique est sans doute le seul de quelque importance produisant, dans le même lieu, des perturbations périodiques de l'aiguille ; attendu que les différences d'évaporation et d'échauffement dans les deux hémisphères se représentent tous les jours sans différer autrement que par leur intensité.

LVII.

Nous terminerons l'examen de cette partie de la physique, en rappelant certains faits d'expérience électro-magnétiques qui, en même temps qu'ils confirment notre théorie rectifiée de la machine électrique, se trouvent eux-mêmes expliqués par elle d'une manière plus simple qu'ils ne l'ont été jusqu'ici.

Digitized by Google

Il suit de notre théorie de l'électricité que, si l'on communique un mouvement de rotation suffisamment rapide à un disque en métal, en vertu de la force centrifuge le fluide électrique naturel du disque, aussi bien que celui qu'il reçoit de l'organe moteur, devra se porter du centre à la circonférence, tendre à s'échapper vers celle-ci, et en tous cas s'y accumuler à une certaine tension.

En outre, l'électricité, accumulée vers la circonférence et allant en diminuant vers le centre, entraînée par le plateau, constituera tout naturellement un autre courant dans le sens de son mouvement de rotation ; s'il en est ainsi, lorsque l'on placera une aiguille aimantée au-dessus du disque en mouvement, et lorsque le mouvement sera assez rapide et l'accumulation du fluide assez considérable pour vaincre la résistance du courant terrestre directeur habituel de l'aiguille, celle-ci sera entraînée dans le mouvement du plateau. Or, c'est justement le phénomène remarquable qui se produit dans la rotation des disques de diverses substances imaginée par Arago. Ce célèbre physicien a d'ailleurs constaté par des expériences directes qu'il se développe dans le plateau deux forces, l'une dans le sens du rayon et l'autre dans le sens perpendiculaire.

Cet effet doit être d'autant plus marqué que le disque se compose d'une substance plus conductrice offrant, par

conséquent, le moins d'obstacles au mouvement du fluide. On a observé, en effet, que le maximum de vitesse ou de déviation s'obtenait avec les métaux, le cuivre en particulier; tandis qu'avec le bois et le verre le résultat était peu sensible. Il faudrait, sans doute, pour ces dernières substances, joindre à l'action de la force centrifuge celle des vibrations produites par le frottement, comme dans le cas de la machine électrique.

Si, maintenant, l'on jette un coup-d'œil en arrière sur les deux derniers chapitres de notre étude, on reconnaîtra, nous l'espérons, que nous avons apporté de nouvelles preuves à l'appui de notre première démonstration. On se rappellera les nouveaux faits qui prouvent la variabilité dans la vitesse de transmission des sons. On reconnaîtra que la théorie des deux électricités a fait son temps; que non-seulement elle n'est pas nécessaire, mais qu'elle est fausse; qu'elle a été l'obstacle qui a empêché de reconnaître la véritable cause de la lumière et de relier, de la manière la plus naturelle et la plus simple, tous les phénomènes du son, de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, du magnétisme et de trouver, entre autres, la véritable explication de l'orientation de l'aiguille aimantée. La distinction que nous avons établie entre l'électricité de *vibration* et celle de *translation* nous a donné la clef de

Digitized by Google

phénomènes importants, inexpliqués jusqu'à ce jour. Elle nous a, en effet, amené à comprendre pourquoi le son, la chaleur, la lumière s'atténuent de plus en plus dans les régions élevées de l'atmosphère. Elle nous a fait voir en quoi consiste *la chaleur latente*; elle en a étendu la signification et le rôle. En nous faisant reconnaître que le mouvement était dû à l'électricité de translation, elle nous a montré le lien, depuis longtemps cherché, qui unit les phénomènes *de chaleur* et autres à ceux *de force* ou *de mouvement*. Elle nous a mis sur la voie qui nous a conduit à nous rendre compte de *l'équivalent mécanique de la chaleur* sur lequel tous les physiciens sont en désaccord, et en donner une valeur plus précise. Elle nous a permis de nous former une idée de la constitution intime des corps, question intéressante sur laquelle nous reviendrons, et du rôle qu'y joue l'électricité. Elle nous a fait reconnaître, enfin, une des sources régulières de la production de ce précieux fluide, l'organisme humain, etc., etc, toutes choses que la théorie classique couvrait du voile le plus épais. Avant que nous ayons fini, nous aurons l'occasion de montrer qu'elle en a fait bien d'autres.....

Digitized by Google

CHAPITRE IV

Du rôle de l'électricité dans les phénomènes de chimie minérale, végétale et animale; du rôle du même agent dans les phénomènes de **Force** d'ou l'on déduit la notion de **l'ÊTRE SUPREME.**

LVIII.

Nous avons vu que tous les corps dans leur état d'équilibre renferment, logée dans leurs pores, une certaine quantité d'électricité qui s'y meut avec plus ou moins de facilité sous l'influence des causes qui produisent le mouvement dans les autres corps. Nous avons encore à examiner l'électricité à un point de vue non moins intéressant, celui *des combinaisons* dans lesquelles elle est susceptible d'entrer, avec autres substances, à la manière des gaz moins subtils.

Digitized by Google

C'est la première fois (1), pensons-nous, que cette idée est exprimée d'une manière aussi générale. Car *l'Ozone* est le seul cas de combinaison qui semble avoir eu le privilége d'attirer l'attention des savants d'une manière particulière ; telle est, du moins, l'impression qui nous est restée de la lecture des publications que nous avons pu nous procurer sur ce sujet.

Mais du moment qu'il est constaté, ainsi que nous l'avons fait, que l'électricité est un gaz d'une nature particulière, à ranger, comme les autres, parmi les corps simples, on ne voit pas pourquoi elle échapperait à la règle générale. Et l'on est en droit de supposer, à priori, qu'elle doit pouvoir entrer, en plus ou moins grandes quantités, dans un grand nombre de combinaisons simples ou complexes, jouissant d'une fixité plus ou moins grande, *si ce n'est dans toutes.*

Pour nous mettre à même de juger la question, rappelons les signes auxquels on reconnaît qu'il y a combinaison d'un gaz avec une autre substance.

(1) Sauf ce que nous en avons déjà dit d'une manière incidente dans le chapitre précédent, § XXV, pag. 80.

Digitized by Google

LIX.

En premier lieu, c'est la décomposition en ses éléments, par des moyens quelconques, d'une substance d'une nature complexe; ainsi, par exemple, l'hydrogène combiné au carbone, l'oxigène combiné au même corps et formant des corps composés connus sous les noms de *carbure d'hydrogène* et d'*acide carbonique*, abandonnent dans certaines circonstances le carbone auxquels ils sont intimement unis. Or, ce caractère important appartient à l'électricité, que l'expérience démontre pouvoir contenir toute espèce de substances, et les abandonner, les déposer également, comme l'oxigène le fait à l'égard du carbone toutes les fois que le choc apporte une perturbation dans son mouvement, et apparemment un changement de dispositions dans ses molécules, qui la rend inapte à retenir plus longtemps les substances auxquelles elle est alliée. Ainsi, MM. Boussaingault et Fusinieri ont fait la remarque que la foudre dépose fréquemment des corps solides, comme du soufre, du charbon, et différents métaux. Les transports de substances

Digitized by Google

solides, effectués par l'électricité de la machine ou de la pile électrique, n'entrent-ils pas aussi dans cet ordre de phénomènes ?

Bien que les noms des deux célèbres physiciens que nous venons de citer suffisent à établir le fait d'une manière générale, nous l'étaierons de quelques nouveaux exemples, tirés du recueil de M. Figuier (*Année scientifique*, 1er volume 1857), qui offre le précieux avantage de combler à mesure les lacunes laissées nécessairement par les ouvrages spéciaux des dates les plus récentes. Nous avons d'autant plus volontiers recours aux faits en question, qu'ils ont un caractère particulier dont nous pourrons, plus loin, tirer d'utiles conséquences.

Il s'agit, d'abord, d'une dame travaillant près de sa fenêtre et recevant une décharge de la foudre qui ne la tue pas, mais qui, en lui faisant éprouver une forte commotion, transporte et fixe sur sa jambe, pour le reste de ses jours, *l'image d'une fleur placée auprès d'elle !...*

C'est en second lieu, un matelot frappé au pied du mât de misaine et dont les reins reçoivent *l'impression d'un fer à cheval suspendu à ce mât !...*

C'est ensuite, un autre matelot tué dans une embarcation, sur la poitrine duquel on trouve transportée et fixée en vraie grandeur *l'image du n° 44 en métal* qui se

trouvait attaché à l'un des agrès du bâtiment!... etc.

A ceux qui ne voudraient voir, là dedans, que de simples phénomènes de transport et non des combinaisons formées et détruites dans un espace de temps très-court, bien que dans certains cas, celui de l'ozone en particulier, celui du dépôt d'un métal par la foudre, la combinaison puisse dater de longtemps (1); à ceux-là on pourrait répondre en montrant que l'on peut former et détruire aussitôt des combinaisons d'hydrogène et d'oxigène avec le carbone, ce qui ne prouve rien contre le fait et la fixité habituelle de la combinaison.

LX.

Nous ajouterons d'ailleurs, en confirmation de cette opinion, que l'électricité présente aussi le second caractère particulier aux combinaisons chimiques, *c'est la dissimulation plus ou moins complète des deux éléments constituants*,

(1) Tel serait, par exemple, pour ce dernier cas, le fer entraîné par l'électricité se dégageant d'une chaudière avec la vapeur d'eau, et allant s'accumuler dans les nuages.

Digitized by Google

ou de *l'un d'eux en particulier.* Ainsi, dans les combinaisons de l'hydrogène et de l'oxigène avec le carbone, que nous avons prises pour point de comparaison, le corps composé garde l'apparence extérieure de l'un des deux constituants ; il reste gazeux et incolore, tandis que l'apparence solide et la couleur noire du carbone divisé a complétement disparu. Outre cette dissimulation *dans l'apparence*, on reconnaît encore qu'elle existe sous ce rapport, que l'un des deux constituants ayant, avant la combinaison, une action marquée sur certains corps, l'a complétement perdue. Ainsi, l'oxigène si actif sur certaines substances, quand il est libre, cesse d'agir quand il est uni au carbone. De la même manière, les corps combinés avec l'électricité peuvent aussi devenir complétement invisibles et inertes. Cela est manifeste dans la foudre et l'électricité de la machine et de la pile. Nous citerons, à ce propos, une expérience qui a le double avantage d'établir cette dissimulation dans l'apparence de substances habituellement solides, ainsi que la neutralisation, par leur combinaison avec l'électricité, de corps ayant sur d'autres une action connue et parfaitement tranchée.

Si l'on fait passer un courant électrique de A vers C dans trois verres A, B, C, contenant, le premier, une dissolution de sulfate de soude; le second, du sirop de violette ; le

troisième, de l'eau pure ; les trois verres étant mis en communication par deux mèches d'amiante humectées, le sulfate est décomposé. L'acide sulfurique reste dans le verre A, tandis que la soude est transportée dans le troisième verre, *sans être apparente et sans verdir en passant le sirop de violette ;* ce qui prouve qu'elle n'est pas à l'état de liberté, mais à l'état de combinaison. En changeant la direction du courant, c'est l'inverse qui a lieu ; la soude reste dans le verre A, et l'acide est transporté dans le verre C, sans *rougir en passant le sirop de violette.*

LXI.

Il ressort assez clairement des deux paragraphes précédents, que l'électricité s'allie à un grand nombre de substances gazeuses et solides, et que ces combinaisons, comme toutes les autres étudiées en chimie, se distinguent, par les mêmes caractères, des corps constituants. Mais nous allons plus loin et nous disons que l'électricité est l'élément indispensable, non-seulement à toute combinaison, mais même aux corps réputés simples. Cela résulte directement

Digitized by Google

de ce que nous en avons déjà dit précédemment dans le chap. II, pag. 80, en faisant entrevoir que les différences d'état des corps tenaient purement et simplement aux quantités différentes de fluide incorporé.

Si cette manière de voir est exacte et que l'échauffement d'un corps ne soit qu'une combinaison de ce corps avec une plus grande quantité de fluide électrique, les *gaz permanents* sont les corps qui doivent renfermer le plus d'électricité. Les vapeurs viennent ensuite, et après elles les liquides qui devront en contenir plus que les solides; de telle sorte que, si l'on pouvait trouver des gaz permanents auxquels on pût faire parcourir cette série de transformations, chacune d'elles devrait mettre en liberté une certaine quantité d'électricité, sous n'importe quelle forme, allant sans cesse en diminuant.

Or, si l'on met en présence, dans les conditions voulues, la quantité d'hydrogène et d'oxigène capable de produire *un milligramme d'eau*, d'après MM. Becquerel, Faraday et Pelletier, ces gaz rendront, pour atteindre à cet état de condensation, une quantité d'électricité capable de charger *vingt mille mètres carrés de surface métallique*, à un degré tel que les étincelles résultant de la décharge éclateront à un centimètre de distance!

Comment se fait-il que ces savants ne se soient pas

Digitized by Google

demandé d'où sortait cette énorme quantité de fluide? Quand les gaz oxigène et hydrogène s'échappent d'une masse d'eau en décomposition, élève-t-on le moindre doute sur leur origine et l'espèce de combinaison dont ils faisaient partie? Or, ici, à moins d'admettre l'hypothèse peu rationnelle et peu scientifique de la création, il faut bien reconnaître aussi que l'électricité mise en liberté résulte de la décomposition de deux gaz réputés simples, qui abandonnent la plus grande partie de leur électricité de composition, pour se livrer entr'eux à une nouvelle combinaison. Les gaz permanents ne diffèrent, pour nous, des combinaisons du fluide avec d'autres substances dont il a été question précédemment, qu'en ce que, dans celles-ci, c'est le corps solide constituant qui est dissimulé et neutralisé, tandis que, dans le cas actuel, c'est l'inverse.

Il est à remarquer que, si au lieu de partir des gaz permanents, on prenait la vapeur d'eau à 100° et qu'on la condensât également, cette vapeur rendrait à volonté de l'électricité, soit sous la forme ordinaire (machine d'Armstrong), soit sous la forme calorifique. La vapeur se rapprochant beaucoup plus de l'eau, par sa constitution, que les gaz primitifs dont elle dérive, il n'y a pas de doute que la quantité d'électricité ainsi obtenue serait naturellement moindre que celle tirée de la combinaison des gaz per-

Digitized by Google

manents. Car ceux-ci, sous la pression atmosphérique et à 100°, occupent un volume 2,500 fois plus grand que l'eau qu'ils produisent ; tandis que le volume de la vapeur d'eau à 100° est égale à 1,700 fois seulement celui de la quantité de liquide dont il émane (1).

Maintenant, si l'on fait passer l'eau de l'état liquide à un état de condensation plus grand (2), c'est-à-dire à l'état

(1) En effet, la densité de l'hydrogène est de 0,0692
celle de l'oxigène de. 1,1056
D'où il suit que le poids d'un litre d'hydrogène est de . 90 milligr.
et celui de l'oxigène de 1430
celui de l'air étant de. 1300
Par conséquent ;
le poids d'un centimètre cube d'hydrogène est de . . . 0,09 milligr.
et celui — — — d'oxigène — . . . 1,43 —
et comme, dans un poids donné d'eau, il entre deux volumes d'hydrogène et un d'oxygène, il s'ensuit que :
0 milligr. 18 d'hydrogène + 1,43 d'oxigène = 1,61 d'eau ou 1,61 millimètres cubes. — D'un autre côté les 3,000 millimètres cubes de gaz à 0° qui ont fourni ce volume d'eau occupent à 100° un volume de

$$3000 + 3000 \times 100 \times 0,00367 = 4101 \text{ millimètres cubes.}$$

ce qui fait que le rapport du volume d'eau au volume de gaz à 100° qui le produit, ou bien

$$\frac{4101}{1,61} = 2500$$

environ.

(2) On se rappelle que l'augmentation de volume que prend l'eau en se solidifiant, contrairement à ce qui devrait arriver, est due à l'emprisonnement de l'eau vaporisée par la portion du fluide mise en liberté dans ce changement d'état.

solide, il y aura encore abandon d'une certaine quantité d'électricité, ainsi que le prouve la différence de calorique existant dans un kilogramme d'eau à zéro, et dans un kilogramme de glace.

Ainsi donc, cet exemple remarquable des divers changements d'état de deux gaz permanents confirme ce que nous avons déjà dit, pages 79, et 80, sur le rôle que joue l'électricité dans la constitution intime des corps. Il est bien évident, par là, que ce fluide forme non-seulement avec tous les corps, mais avec les mêmes, un grand nombre de combinaisons plus ou moins stables, dans lesquelles la quantité de fluide est d'autant moindre, *pour les mêmes corps*, que le résultat de leur transformation s'éloigne davantage de la constitution des gaz permanents.

LXII.

Cela étant, on s'explique pourquoi certaines combinaisons ne peuvent s'effectuer qu'à la faveur d'une température plus ou moins élevée. C'est qu'une partie du fluide, qui traverse ainsi la masse, est nécessaire à la combinaison, et s'y trouve

Digitized by Google

retenue définitivement. Réciproquement, on comprend encore que certaines décompositions, suivies de nouvelles combinaisons, soient accompagnées d'un dégagement d'électricité à la fois sous la forme de fluide à l'état de tension et sous celle de chaleur.

Dans la décomposition de l'eau par le zinc et l'acide sulfurique, par exemple, où l'hydrogène se dégage, il faut bien que ce dernier corps récupère, pour se constituer de nouveau à l'état de gaz permanent, la quantité considérable de fluide qu'il a dû céder pour se condenser sous la forme liquide. Cela n'est pas douteux. La seule question qui reste à résoudre, c'est de savoir où il le prend. Or, d'après la manière dont l'eau se forme, la perte énorme de fluide que cette combinaison entraîne, on admettra aisément que ce liquide n'est pas la source d'électricité cherchée. Un métal simple est aussi, d'après ce que l'on a vu, une combinaison très-pauvre en électricité. La source cherchée ne peut donc être que l'acide, et c'est à la partie de ce corps qui s'engage dans une nouvelle combinaison et va former un sel de zinc, qu'il faut définitivement attribuer l'électricité latente emportée par l'hydrogène, celle qui échauffe la liqueur, et enfin *celle que l'on reçoit sur une plaque de cuivre disposée à cet effet*, de la même manière que l'on recueillerait, sous une cloche, l'oxigène ou l'hydrogène,

Digitized by Google

échappant, comme le fluide électrique, à une combinaison dans laquelle ils étaient engagés.

Ceci explique à la fois, d'une manière très-simple, le fonctionnement de l'appareil producteur d'électricité connu sous le nom de *pile électrique,* et d'où vient le fluide mis en liberté; fait important, dont les physiciens et les chimistes ne paraissent pas s'être préoccupés. En outre, l'acide combiné ayant perdu, en même temps, la plus grande partie de son fluide et son action remarquable sur les corps, on peut en conclure que c'est à leur électricité que les acides, en général, doivent leur activité; de telle sorte, que lorsque l'on dit qu'*ils brûlent certains corps,* on exprime un fait réel et non une simple analogie; puisque la brûlure, au propre, n'est que l'effet produit par une accumulation d'électricité libre à l'état de vibration calorifique.

LXIII.

Des combinaisons de la nature de celles dont il vient d'être question (acide sulfurique et zinc) ne sont pas les seules capables de produire un courant électrique, puisqu'il

suffit pour cela que des corps en présence puissent se décomposer, en donnant lieu à de nouvelles combinaisons requérant une moindre quantité d'électricité. C'est le cas, sans aucun doute, dans la pile de Daniell, dans laquelle le sulfate de cuivre, mis en présence du zinc plongé dans l'eau acidulée, donne lieu à la formation de sulfate de zinc et à la mise en liberté du cuivre à l'état métallique.

Quoi qu'il en soit, on peut juger, d'après ce qui précède, que, de toutes les piles, la plus énergique doit être celle dans laquelle agit l'acide le plus actif sur un des métaux les plus oxidables, et où le corps récepteur est le mieux et le plus directement en rapport avec le lieu de la combinaison et du dégagement du fluide. La pile électrique la plus puissante est, en effet, celle qui résulte de l'action chimique la plus énergique connue, celle de l'acide azotique sur les métaux oxidables, et dans laquelle les surfaces du métal sont les mieux disposées et les plus grandes à la fois, pour faciliter l'action de l'acide, la réception et l'écoulement du fluide mis en liberté. Cette pile est celle de Wollaston.

Cependant, en examinant cet appareil au point de vue de la facilité de l'écoulement du fluide produit, on ne comprend pas, au premier abord, l'utilité ou le but du système adopté généralement pour la communication entre les divers couples de la pile. Cette communication est telle, en

Digitized by Google

effet, que le fluide recueilli dans chaque auge par l'élément cuivre est obligé de passer non-seulement sur l'élément zinc, moins bon conducteur, de chaque couple, mais sur tous les éléments des couples suivants. Il est vrai que ce mode de jonction des éléments d'une pile n'est pas indispensable, puisque l'on peut également établir une communication *directe* entre tous les éléments de même nature. Dans ce cas, les physiciens considèrent la pile comme n'étant formée que d'un seul couple ayant une grande surface ; ce qui est assez naturel.

Mais alors, on est conduit forcément à se demander pourquoi l'on n'adopterait pas toujours cette dernière disposition qui paraît la plus simple et la plus rationnelle, et, en tous cas, en quoi les résultats obtenus par ces deux modes de jonction diffèrent entre eux. L'ancienne théorie fondée sur les deux électricités, et d'après laquelle les deux auges extrêmes seules mettraient du fluide en liberté, est assez embarassée pour expliquer le fait, et le serait encore plus aujourd'hui qu'elle ne peut avoir recours à l'hypothèse des deux fluides ; dans notre système, l'explication est des plus simples. En effet, dans le premier cas, celui où l'élément zinc de chaque couple est mis en rapport avec l'élément cuivre du couple suivant, on comprend que le fluide, ne rencontrant pas dans son parcours des corps éga-

lement conducteurs, doit éprouver des variations dans sa vitesse. Accumulé sur le premier élément cuivre en rapport avec l'électrode, *il s'écoule de ce côté*, où il éprouve la moindre résistance, et détermine dans ce sens un appel du fluide de tous les autres couples; mais le fluide accumulé sur le deuxième élément cuivre doit vaincre, pour s'écouler, la résistance du liquide qui en presse la surface, ainsi que la résistance opposée par l'élément zinc du premier couple, et celle des deux couches de liquide de ce couple.

L'électricité accumulée sur l'élément cuivre des autres couples rencontre des résistances de même nature et toujours croissantes, en sorte que le résultat final de la disposition que nous analysons, c'est un ralentissement graduel dans la marche du fluide, une accumulation sur chaque couple à un état de tension croissante et d'autant plus grande que la vitesse a été plus réduite.

Dans la deuxième disposition, au contraire, le fluide ne rencontrant toujours que des corps de même nature (le cuivre), et, de plus, bons conducteurs, il doit s'écouler plus facilement. Il résulte de là, que les électrodes de la pile étant mis en communication , la première disposition fournira un courant électrique dans un certain état de tension s'écoulant plus lentement et nécessairement par

Digitized by Google

décharges successives, chaque fois que l'électricité accumulée sur le deuxième couple aura atteint le degré de tension qui lui permettra de vaincre les résistances qui s'opposent à son passage sur le cuivre du premier couple; tandis que dans la seconde disposition, le fluide, ne rencontrant toujours que le même obstacle relativement faible, s'écoulera rapidement à mesure qu'il se produira; et l'on aurait une plus grande quantité d'électricité dans un temps donné, si la source qui fournit le fluide était en rapport avec la rapidité de son écoulement, ce qui ne paraît pas pouvoir se réaliser.

Ces faits sont bien ceux qui ont été constatés par l'expérience et l'on a remarqué aussi, ce que du reste on peut déduire des explications qui précèdent, que la première disposition est celle dont les effets sont les plus énergiques.

LXIV.

Nous ne nous arrêterons pas à discuter la théorie officielle de la pile, qui est celle de M. de la Rive, d'autant plus qu'elle est fondée sur l'admission des deux électri-

Digitized by Google

cités, qu'elle ne nous apprend absolument rien sur la source dont le fluide émane, et qu'en admettant même que l'électricité à deux tensions différentes tienne lieu des deux entités acceptées par les physiciens, elle n'a rien de satisfaisant pour l'esprit. Aussi M. Pouillet se dispense-t-il, avec raison, de la produire. Il se contente de dire à propos des discussions soulevées entre les partisans de Galvani et ceux de Volta sur la cause du développement de l'électricité dans les expériences faites par ces deux physiciens : « Il y a donc de l'incertitude sur la véritable origine de « l'électricité qui se manifeste dans les expériences dont « il s'agit ; pendant plus de trente ans, les physiciens ont « admis, presque sans contestation que, conformément « aux idées de Volta, cette électricité était due à l'action « d'une force électro-motrice ; mais, depuis la découverte « de l'électro-magnétisme, qui a donné d'autres moyens « d'étudier le développement de l'électricité, et surtout « depuis quelques années, une foule d'expériences nou- « velles démontrent, d'une manière incontestable, non- « seulement que l'action chimique développe toujours les « deux électricités, mais que la plupart des phénomènes « qui *avaient été expliqués par la force électro-motrice* « doivent l'être essentiellement *par les actions chi-* « *miques.* »

Digitized by Google

Attribuer le développement de l'électricité à *une force électro-motrice*, c'est une expression qui, comme celle de la *force catalitique* et bien d'autres du même genre, revient à dire qu'on n'en sait rien. C'est se payer de mots au lieu de raisons; vieux subterfurge d'amour-propre, auquel la science moderne a encore trop souvent recours.—Attribuer ce développement *aux actions chimiques;* ce n'est que constater les circonstances dans lesquelles le phénomène se produit — et il reste à déterminer auquel des corps en présence le développement est dû, comment et à quel titre? M. Pouillet a tenté une explication à propos de la pile de Smith, dans laquelle le zinc amalgamé en présence du platine est attaqué par l'acide sulfurique. Nous renonçons à analyser le raisonnement, basé sur les vieilles distinctions classiques, par lequel ce physicien arrive à cette conclusion : *que c'est à la décomposition de l'eau qu'il faut attribuer le phénomène*; qu'il en est de même dans les piles de Wollaston, de Young, de Munck, de Sturgeon, de Wheatstone, de Daniell, de Bunsen. Cette conclusion, si elle était vraie, serait encore imparfaite; attendu qu'il resterait à expliquer en vertu de quoi cette décomposition donne de l'électricité, si le fluide provient de l'eau elle-même ou d'un gaz mis en liberté.

En effet, lorsque l'on traite du peroxyde de manganèse

par un acide et qu'il se dégage de l'oxigène, se contente-t-on de dire que ce dégagement est dû à une action chimique et en particulier à la décomposition du manganèse ? Non sans doute; le chimiste va plus loin, il affirme et il prouve que l'oxigène est enlevé à la combinaison qu'il formait avec le manganèse. Pour faire faire un pas décisif à la question qui nous occupe, il faudrait montrer pareillement que l'électricité se dégage aussi de la combinaison qu'elle formait avec l'eau. Mais nous pensons que le savant académicien serait fort embarrassé de pousser sa conclusion jusque là; car nous croyons, au contraire, avoir établi d'une manière claire et simple, et en parfaite concordance avec les notions nouvelles exposées dans le cours de cet essai, que dans les piles à un seul liquide acide devant un métal oxidable l'électricité obtenue provient de l'*acide même* auquel elle est combinée et à qui elle prête l'activité particulière qui la distingue des autres corps.

LXV.

Puisque les acides doivent leur activité, leur force perturbatrice, à leur électricité de combinaison mise en liberté

au moment où ces corps forment avec d'autres des *composés neutres*, il va de soi qu'une accumulation de ce fluide, libre d'avance de toute combinaison, devra avoir une action comparable à celle des acides et d'autant plus énergique qu'elle possédera une plus haute tension. Il y a plus : dans les acides le pouvoir de leur électricité de combinaison est masqué, limité dans une certaine mesure. On trouve, en effet, qu'un acide déterminé est très-actif vis-à-vis de certaines substances, tandis qu'il est impuissant devant d'autres. Deux acides séparés, l'acide azotique et l'acide chlorydrique, sont sans action sur l'or ; mis ensemble ils dissolvent ce métal. L'électricité libre, au contraire, paraît réunir en elle tous les pouvoirs modificateurs qui appartiennent, en détail, à chaque acide en particulier. Rien ne lui résiste, en effet ; elle volatilise, dissout, entraîne les métaux les plus réfractaires ; et nous doutons qu'aucune combinaison résiste à son action puissante.

Il est bien entendu que dans ce qui précède nous n'entendons assimiler les acides au fluide électrique, qu'au point de vue de leur pouvoir de modifier les combinaisons existantes, pouvoir qu'il tiennent, d'ailleurs, du même agent. Quant au résultat final, il diffère essentiellement suivant qu'il s'agit de l'un ou de l'autre. L'électricité combinée à un métal le rend invisible et ne le dépose que

Digitized by Google

dans des circonstances particulières. L'acide modifié par la perte de son électricité de combinaison s'allie avec le métal transformé en base et forme un nouveau composé parfaitement visible et palpable, entièrement différent des corps constituants. Le point où ils se rapprochent le plus, en tant que résultats obtenus, c'est dans la décomposition de l'eau. Et cela se conçoit, puisque cette décomposition n'a besoin pour s'effectuer, que de la restitution, aux éléments dont elle se compose, de la quantité d'électricité que nous avons reconnue nécessaire à leur état de gaz permanents; et encore, il est à remarquer que l'électricité seule, entièrement libre de toute combinaison, peut dégager à la fois les deux gaz de l'eau; l'acide, dans les combinaisons où il entre, ne libère généralement que l'hydrogène.

LXVI.

Si nous ne nous faisons pas illusion, il y a dans tout ce qui précède une manière toute nouvelle d'envisager la constitution intime des corps et le rôle qu'y joue l'électricité, suffisamment étayée par les faits et l'argumentation qui les relie pour sortir du champ vague de l'hypothèse.

Digitized by Google

Nous nous flattons de l'espoir qu'elle est l'expression de la vérité et qu'elle est appelée, comme telle, à ouvrir un champ des plus vastes à l'observation et aux découvertes dans le domaine de la physique, de la chimie et de la physiologie. Les faits nouveaux et tous concordants que nous en avons tirés, les phénomènes dont nous avons donné la première explication rationnelle, forment déjà une phalange assez compacte. Nous espérons encore la grossir notablement avant d'arriver à la fin de cet essai ; mais malheureusement, jamais assez au gré de nos désirs excités par tout ce que nous entrevoyons.

Le courant de nos occupations habituelles nous entraîne, à notre grand regret, dans une autre direction. Le temps et les instruments nous font également défaut. Nous ne donnerons plus à ce sujet que quelques heures de loisir insuffisantes pour l'étendre, l'agrandir, laissant à d'autres plus heureux l'attrayante occupation d'arracher, tous les jours, à la nature de nouveaux secrets; ce à quoi il nous paraît impossible de ne pas arriver en suivant avec persévérance la voie dans laquelle nous nous sommes engagé. Nous prions que l'on veuille bien interpréter cette dernière affirmation non comme un manque de modestie, mais comme le résultat d'une conviction franchement exprimée et qui se fait jour malgré nous.

Digitized by Google

Il y aurait encore beaucoup de choses à dire sur les piles électriques et l'opinion que l'on s'en est formée. Mais quand le temps nous presse, il faut savoir nous borner. D'ailleurs nous en prenons d'autant mieux notre parti, que ce que nous avons écrit, à ce propos, en donne une idée plus nette et plus vraie que ce que l'on en connaissait avant nous. Nous croyons, en effet, avoir le premier indiqué la *véritable source de l'électricité* dans ces sortes d'appareils ; nous avons constaté le développement du courant, le sens dans lequel il s'écoulait, les motifs pour lesquels il présentait une tension différente suivant le mode de jonction des couples ; nous avons fait comprendre son mode d'action dans la décomposition de l'eau, en particulier ; c'est autant qu'il en faut pour l'objet que nous avons en vue. Toutefois avant de quitter ce sujet, nous voulons revenir, en quelques mots, sur un fait assez étrange qui se présente dans l'expérience de Davy, dont il a été question § LX.

Dans cette expérience, on conçoit aisément que l'électricité passant d'abord par le verre A, où elle trouve le corps à décomposer, effectue cette décomposition et entraîne un des éléments dans la direction où elle chemine jusqu'au troisième verre, où à la rencontre du deuxième électrode un choc lui fait lâcher le corps qu'elle en-

traîne avec elle. Mais il est plus difficile d'expliquer comment elle effectue un transport pareil, lorsqu'elle part du verre où il n'y a rien, et y ramène un des éléments du corps décomposé. Les physiciens partisans des deux électricités s'en tirent en admettant que les deux fluides jouent tour à tour le rôle actif. Ainsi, dans un cas, ce serait le fluide positif qui irait rejoindre le fluide négatif, dans l'autre ce serait l'inverse ; mais il faudrait, pour cela, prouver que le courant change de sens ; ce qui n'a jamais été fait, et pour cause. Lorsque la théorie des deux électricités pouvait encore être invoquée, l'explication ingénieuse de Grotthus pouvait être admise ; mais aujourd'hui, cela n'est plus possible. D'ailleurs, les phénomènesde translation des corps par l'électricité et de leur combinaison avec ce fluide, bien et dûment constatés, établissent assez clairement son mode d'action pour nous dispenser d'en rechercher d'autres.

Dans le système d'une seule électricité, on peut s'en rendre compte de deux manières : ou bien l'électricité, qui part d'un électrode pour rejoindre l'autre, le fait d'une manière continue, à peu près comme si le fil n'était pas interrompu ; ou bien elle effectue son passage par une série de décharges ou de vibrations ramenant toujours une certaine quantité d'électricité vers le point de départ ; dans le se-

cond cas, il suffit d'énoncer le mouvement pour comprendre comment l'électricité, partant de l'électrode plongé sous le verre où il n'y a que de l'eau, y ramène l'un des constituants du corps dissous dans le verre A. Dans le premier cas, il faudrait admettre que, l'électricité venant toujours du même point, une partie s'est combinée avec la base dans le verre A; qu'elle a fait un tour complet en passant par la pile; puis est revenue, au verre C, auquel elle a définitivement cédé la substance qu'elle tenait à l'état de combinaison. On reconnaîtra facilement que ce phénomène de transport n'offre rien que d'ordinaire auprès de ceux que nous avons rapportés précédemment, et qui ont été effectués par l'électricité de la foudre (§ 49).

LXVII.

Nous nous occuperons, maintenant, de la présence de l'électricité dans les corps organisés, et nous tâcherons de découvrir si, à l'aide des faits que la science a déjà enregistrés, on peut assigner à ce fluide un rôle régulier quelconque dans l'organisme de l'animal en particulier.

Digitized by Google

A part l'électricité, que nous devons renfermer à l'état de combinaison comme tous les corps composés ou non, il ne peut y avoir de doute que l'électricité pénètre tous nos tissus et y existe, à l'état libre, de la même manière qu'elle pénètre tous les corps quelle que soit leur densité. Le fait a d'ailleurs été constaté par M. Du Bois-Raymond avec un galvanomètre très-sensible (1). Ce physicien a, en effet, reconnu l'existence de courants électriques dans le corps humain, en faisant communiquer les deux bouts du fil du galvanomètre avec les extrémités de deux membres symétriques.

Le fait étant ainsi reconnu, et il le sera sans doute plus tard d'une manière plus tranchée (2), il en entraîne un autre, comme conséquence ; c'est que notre électricité, sous l'influence d'une cause ou d'une autre, doit pouvoir, à un instant donné s'accumuler à un point spécial, de même que, dans un corps inerte, l'électricité naturelle qui y réside peut, par le choc ou autrement, se porter en grande partie à l'extrémité opposée au point où le choc a été reçu et manifester sa présence par les signes ordinaires.

(1) Le fil de cet instrument avait 24,000 tours.

(2) Nous évitons à dessein d'appeler à notre secours la conséquence importante que nous avons cru pouvoir tirer du jeu de la machine électrique, pages 125 et 126.

Digitized by Google

Il reste à savoir sous quelle influence cette accumulation peut se produire dans le corps de l'animal et *par quels signes spéciaux elle manifestera sa présence dans un endroit particulier*.

LXVIII.

En ce qui concerne ce dernier point, l'expérience nous apprend que, par l'accumulation dans un muscle du fluide émanant d'une source extérieure, il se produit des contractions et des mouvements tout-à-fait semblables à ceux qui, chez l'homme, sont dus à l'intervention de la volonté ou qui sont le résultat d'une impression morale en dehors de sa dépendance. Ainsi, M. le docteur Duchenne (de Boulogne) est parvenu, par le moyen de l'électricité, à donner une démonstration, sur l'homme vivant, de la fonction des muscles les plus délicats, de ceux-là même dont l'anatomie n'avait pu fixer le rôle d'une manière précise ; non-seulement il met en mouvement tous les organes de relation chez un homme paralysé, mais, en dirigeant un courant électrique sur les muscles de la face, il leur imprime les

Digitized by Google

expressions si variées de la joie, de la douleur, de la surprise, de la méchanceté, etc.

Or, du moment qu'il est constaté, d'une part, que nous recélons en nous une certaine quantité d'électricité libre; d'autre part, qu'une dose supplémentaire ou une accumulation d'électricité imprime la contraction à nos muscles et par suite le mouvement aux organes qui en dépendent, il est assez clair que nos mouvements volontaires et naturels sont dus aussi à une concentration, dans le point voulu, d'une certaine quantité de notre électricité libre (1). Et la seule chose qui reste à établir par expérience, c'est que l'acte de la volonté, quel que soit d'ailleurs le moyen par lequel elle agit sur le fluide, peut le forcer à se concentrer dans un muscle déterminé.

LXIX.

Des expériences du genre de celles de M. Du Bois-Raymond, que nous venons de mentionner, nous éclaireront

(1) Notre électricité libre est un réservoir au moyen duquel tout mouvement commence. Mais il se continue, ainsi que nous le verrons au chap. V, en vertu de la mise en liberté, à chaque instant, d'une nouvelle quantité d'électricité dans le muscle même qui est le siége du mouvement.

Digitized by Google

directement sur ce sujet, lorsqu'on aura trouvé les conditions dans lesquelles elles doivent être faites pour constater l'intervention et l'influence de la volonté sur l'électricité et la direction du courant. Sauf meilleur avis, il nous semble qu'au lieu du simple contact des muscles symétriques avec l'appareil, ainsi que cela paraît avoir été pratiqué, il aurait fallu, pour arriver à un résultat plus positif, ne faire que toucher d'une main l'un des fils du galvanomètre, tandis que l'autre aurait saisi le deuxième fil en contractant fortement tous les muscles du bras. Car il est présumable qu'un courant sensible ne peut naître que d'un appel inégal d'électricité dans les deux membres; si tant est que dans le cas actuel le courant s'établisse d'un bras à l'autre, ce qui est peu probable. En sorte que ce qu'il s'agirait de trouver, tout d'abord, ce serait le point extrême d'où part le fluide qui vient s'accumuler dans un muscle qui se contracte, pour savoir où appliquer sûrement les deux bouts du fil galvanométrique.

Digitized by Google

LXX.

En attendant que d'autres expériences sur l'homme viennent montrer directement l'intervention de la volonté dans l'accumulation de son fluide à l'endroit où il veut que le mouvement s'exécute (1), nous pouvons citer l'exemple d'animaux inférieurs où le fait se produit avec une telle intensité qu'il semble avoir été créé tout exprès pour suppléer à la preuve directe que nous cherchons. On sait, en effet, qu'il existe un grand nombre de poissons, la torpille entre autres, qui ont à leur disposition une véritable batterie électrique dont ils dirigent le courant *à volonté* dans toutes les directions. L'organe d'où part le fluide,

(1) Depuis la lecture de cet article à la Société des Ingénieurs civils, nous avons donné au chapitre de la chaleur les développements qu'on a vus et nous avons introduit dans le chap. III des modifications et additions d'où il résulte, à nos yeux, la preuve *directe et incontestable* du rôle de l'électricité dans les phénomènes de force, en général, et dans les mouvements musculaires, en particulier. Nous avons cru néanmoins devoir conserver notre argumentation telle que nous l'avions présentée d'abord, parce qu'elle nous a paru suffisamment probante par elle-même et que par conséquent elle corrobore les premières conclusions auxquelles nous sommes arrivé aux endroits que nous venons de rappeler.

Digitized by Google

chez la torpille, est situé de chaque côté de la tête et appuyé contre les branchies ; tandis que l'impulsion, la mise en activité de cet appareil, paraît subordonnée au quatrième lobe du cerveau dont l'excitation seule donne lieu aux décharges et dont l'enlèvement met fin à tout mouvement d'électricité. Ce lobe du cerveau est-il le lieu où se déploient, tout d'abord, les effets de la volonté de l'animal, le siége de la force impulsive? Il nous importe peu de le savoir, il nous suffit d'avoir reconnu que la volonté, *quel que soit son mode d'action*, a le pouvoir d'accumuler et de décharger le fluide électrique en un point quelconque de l'animal. Et ce fait nous autorise suffisamment à conclure que le rôle de l'électricité est le même chez nous ; c'est-à-dire que ce fluide est l'agent par l'intermédiaire duquel se produisent les mouvements volontaires du corps et, sans doute aussi, les mouvements inconscients des organes de nutrition.

LXXI.

Nous n'avons plus guère maintenant à nous occuper de l'électricité qu'eu égard au rôle ordinaire ou exceptionnel qu'elle remplit dans les phénomènes si variés de la force, dont nous sommes témoins tous les jours.

Qu'est-ce que la force? Y en a-t-il plusieurs ou n'y en a-t-il qu'une seule dont les effets varient à l'infini suivant les circonstances?

La force, que nous ne connaissons aujourd'hui encore que par ses effets, se définit naturellement et simplement en disant : *que c'est tout ce qui produit, accélère ou transforme le mouvement.* Ajoutons que nous ne pouvons séparer l'idée de *Force* de celle d'une masse en mouvement et de la direction dans laquelle ce mouvement s'effectue ; or un mouvement pouvant avoir lieu dans mille directions, le fait d'une masse cheminant dans un sens déterminé semble ne pouvoir être séparé, non plus, de l'idée du discernement, du choix et par suite de l'intelligence et de la volonté ; attributs importants qui ne peuvent exister sans qu'il y ait

Digitized by Google

quelque part, présidant au phénomène, une entité à laquelle ces attributs appartiennent (1).

LXXII.

Nous connaissons encore la force par les véhicules au moyen desquels elle se transmet : l'eau, la vapeur, l'air, un gaz, un solide quelconque, peuvent être les véhicules de la force dans des circonstances spéciales. Mais, en tout cela, nous avons été amené à reconnaître forcément que l'entité dont ces diverses substances étaient le véhicule, lorsqu'elles étaient en situation de produire des phénomènes de force, était l'*électricité*. Si bien que cet agent extraordinaire apparaît finalement à nos yeux comme le moteur universel de tout ce qui est ; point important, en lequel il diffère essentiellement des autres corps matériels auxquels nous l'avons assimilé jusqu'à un certain point. Mais il s'en distingue encore par d'autres particularités très-remarquables ; par exemple, par le rôle qu'il joue dans

(1) Nous reviendrons sur cette manière d'envisager la question.

Digitized by Google

l'organisme des êtres animés, dans toutes nos sensations; rôle qui en fait une entité à part, qui semble être l'expression la plus élevée de la manière inerte et le premier terme d'une série d'entités invisibles comme elle, possédant quelque chose de plus que les propriétés générales et particulières de la matière que nous connaissons. Ainsi, par exemple, il paraît assez clair qu'elle n'est pas subjuguée par l'*inertie* au même degré absolu; car si elle est mise en mouvement dans un grand nombre de cas, dans la plupart, si l'on veut, par les mêmes causes que les autres corps, comme la pression, le choc, le frottement, il y en a où une impulsion matérielle semble complétement absente; où l'électricité est mise en mouvement par le même procédé que celui qui fait qu'un homme se meut sous l'empire de la volonté ou de l'influence d'un autre, ainsi que l'ont admis les physiciens, avant que la nécessité en fût bien démontrée, et sans se rendre compte des conséquences d'une pareille conception.

Digitized by Google

LXXIII.

Les choses paraissent se passer de la sorte pour l'électricité de la torpille, du gymnote, pour celle d'où dérivent nos mouvements volontaires; à moins que l'on ne pense se soustraire à cette conclusion ou à une conception de cette nature, en supposant qu'il y a, dans les êtres animés, un autre fluide plus subtil encore que l'électricité, dont la masse peut être moindre, d'où l'électricité recevrait son impulsion, et qui serait l'intermédiaire entre ce fluide et la volonté. Mais, que l'on admette ceci et que l'on intercale entre l'électricité, agent imprimant directement le mouvement à nos organes, et la volonté, autant de fluides intermédiaires que l'on voudra, de plus en plus subtils, de masses de plus en plus faibles, pour un effet donné de force, et l'on aboutira, de toute nécessité, à l'une ou à l'autre de ces conclusions; soit à une entité *supérieure* matérielle, d'une subtilité extraordinaire, *jouissant de la propriété de s'imprimer le mouvement à elle-même, comme de le communiquer* et de le faire avec *conscience, intelli-*

gence et volonté; soit à une entité matérielle, comme la précédente, moins la volonté, surmontée d'une entité *immatérielle*, douée d'intelligence et de volonté, sous l'empire de laquelle la première, qui ne serait autre que l'électricité, se mouvrait et produirait les phénomènes que nous attribuons à l'abstraction appelée *force*.

LXXIV.

Mais à peine la question est-elle amenée à ces termes que nous y découvrons des complications inutiles et tout-à-fait en dehors de la simplicité habituelle des exemples qui nous sont offerts à profusion dans la nature. En effet, à quoi bon, dans un cas, interposer entre le fluide électrique et l'agent final supérieur, d'où dérivent l'intelligence et la volonté, des fluides intermédiaires d'une subtilité croissante dont la présence ne nous est pas plus démontrée que l'utilité ; tandis que les rapports directs, avec l'électricité, de l'entité supérieure qui est en nous, supposée matérielle dans une certaine mesure, se conçoivent le plus aisément du monde, sans qu'au premier abord il soit nécessaire

Digitized by Google

d'admettre que le fluide électrique agisse autrement que par une impulsion matérielle?

Enfin, où est le besoin, dans le second cas, d'avoir recours à une entité immatérielle que personne ne peut concevoir, un être sans existence, une réunion d'attributs sans *objet*, sans point d'attache ?

Il n'est pas difficile de démêler l'origine de cette dernière conception. Elle remonte aux temps les plus reculés où les peuples dans l'enfance, voyant le feu faire disparaître la matière à leurs yeux, la crurent *anéantie*, et voyant sortir de terre mille plantes dont ils ne pouvaient auparavant discerner la trace, complétèrent logiquement l'idée de *néant* par celle de *création*. Enfin, entraînés par ces étonnantes et sublimes intuitions qui n'abandonnèrent jamais l'esprit humain et qui de nos jours encore précèdent invariablement la découverte et la démonstration de la vérité, se sentant immortels dans une partie de leur être et croyant que la matière pouvait être plongée dans le néant, ils admirent naturellement l'existence de quelque chose d'immatériel, qui à leurs yeux devait être indestructible. Mais aujourd'hui aucun fait, aucune notion scientifique sérieuse, ne nous autorisent à nous arrêter à l'idée qu'un seul atôme de matière puisse jamais être anéanti. Ne connaissant que des modifications de la matière, nous

sommes en droit de croire qu'elle est incréée et indestructible ; et par conséquent l'idée d'*immortalité* n'a plus besoin, pour obtenir créance, de s'étayer de celle d'*immatérialité*. Il y a plus, témoins tous les jours d'une certaine gradation dans la résistance aux agents extérieurs, de la fixité des corps simples ou composés, tout nous convie à concevoir des entités complexes visibles ou invisibles de plus en plus, et même tout-à-fait réfractaires à la dissolution, susceptibles de grandir, de se compléter, de se perfectionner à l'infini dans le temps, l'espace, l'intelligence.

LXXV.

Quoi qu'il en soit de tout ceci, nous n'en restons pas moins, comme origine de la force ou comme une des causes de ses manifestations, en présence d'une entité supérieure matérielle quoique invisible, douée d'intelligence et de volonté. Mais l'existence de cette entité capable de communiquer directement le mouvement par sa masse au fluide électrique implique-t-elle nécessairement l'*inertie*

absolue de ce fluide? Non.... Tout a des degrés dans la nature. Rien que sur notre globe, en partant de l'homme de génie, et descendant l'échelle humaine et ensuite celle des myriades d'individus qui le peuplent jusqu'aux êtres invisibles à nos yeux aidés même des instruments les plus puissants, nous découvrons des degrés infinis dans les entités intelligentes qui les animent; et, nous rappelant l'existence d'entités participant de l'animal et du végétal, et même des trois règnes, soit successivement, soit simultanément, il nous est permis de concevoir à l'extrême limite, et comme un pont jeté entre la matière inerte et la matière intelligente, une entité participant de la nature des deux, et qui serait en quelque sorte l'*être élémentaire, atomique, intelligent.* Dans ce cas et prêtant ce double caractère à l'électricité, l'entité supérieure intelligente de l'être animé (1) pourrait lui transmettre son action de deux manières: par la volonté et par une impulsion matérielle, absolument comme nous le ferions à l'égard d'un de nos semblables que nous pousserions dans une direction déterminée par un ordre verbal et par un effort musculaire.

Pour confirmer ces inductions, il faudrait voir si l'expérience nous fournit les données nécessaires pour recon-

(1) Nous y reviendrons dans un chapitre special; nous ne faisons dans ce chapitre qu'en constater l'existence.

Digitized by Google

naître si l'électricité joint, en effet, aux attributs que nous lui connaissons déjà, ceux de l'*intelligence* et de la *volonté* à l'état élémentaire....

LXXVI.

Nous verrons, dans l'analyse que nous donnerons plus loin des fonctions des organes de nutrition et de relation chez l'homme, que le moteur de ces organes, l'électricité, qui s'y distingue nettement de l'entité supérieure régulatrice, possède en réalité ces deux attributs. Nous ne produirons ici que les preuves qui se rattachent à l'électricité considérée en dehors de tout organisme.

Si l'on met en présence deux sels dissous, tels que le chlorure de calcium et le sulfate de soude, une vive fermentation s'établit dans le liquide mélangé. Le sulfate se sépare en trois éléments pondérables : l'acide sulfurique, le sodium et l'oxigène; le chlorure de calcium en deux, le chlore et le calcium. Au milieu de cette perturbation, de cette confusion apparente, les molécules *se séparent, se meuvent, se cherchent, se choisissent;* les molécules

d'oxigène et de calcium se démêlent sans erreur et s'unissent étroitement ; et, à peine ce changement est formé, la molécule binaire rencontre celle d'acide sulfurique, la distingue de toutes les autres et se combine avec elle ; et échappant aussitôt à l'action dissolvante de l'eau, elle tombe au fond du vase en un précipité insoluble de *sulfate de chaux*. En même temps le sodium a perdu son oxigène et s'est uni au chlore pour former du sel marin.

N'est-il pas évident que pendant un instant très-court, il est vrai, mais en rapport avec le volume de l'entité, les molécules ont vécu? De même qu'un corps organique complexe habité par une entité qui lui communique aussi une vie temporaire, elles ont donné les signes principaux de la vie intelligente, *le mouvement volontaire, la chaleur, le discernement, le choix*. La chimie s'est contentée de constater le fait et un grand nombre d'autres de même nature, et de formuler les circonstances dans lesquelles il se produit invariablement, en disant « *que toutes les fois que dans deux « sels solubles mis en présence il y a les éléments d'un « sel insoluble, il y a double décomposition et le sel insoluble se forme et se précipite.* » Mais le philosophe ne peut s'arrêter là ; il détaille les circonstances du phénomène et découvre l'action d'un agent *élémentaire intelligent* qui préside à tout et qui animant provisoirement les

molécules des corps inertes, les dirige et les fixe dans des combinaisons nouvelles, suivant des lois dont il a connaissance et qu'il semble avoir pour mission éternelle d'exécuter (1).

LXXVII.

Il reste à savoir quel est l'agent qui, de même que celui qui anime le corps humain, communique à la molécule inerte cet instant d'existence dont nous venons d'analyser les phases diverses. Or il est à remarquer que, dans les combinaisons et réactions chimiques aussi bien que dans le mouvement des corps, nous n'avons jamais pu discerner la présence d'un autre agent subtil que le *fluide élec-*

(1) L'idée que la molécule vit et manifeste son existence dans des circonstances pareilles à celles que nous avons décrites n'est pas neuve. Nous l'avons trouvée pour la première fois, il y a une vingtaine d'années, dans un écrit matérialiste cherchant à prouver que l'âme n'était pas autre chose que la résultante des *forces intelligentes moléculaires*; ce qui voudrait dire, contrairement à ce que chacun a pu observer, que la molécule d'un corps quelconque est douée d'une vitalité propre, que l'*inertie* n'existe pas, qu'elle n'est qu'une neutralisation temporaire de la faculté motrice de la molécule. Ceci est mettre gratuitement l'hypothèse à la place des faits, car nous avons montré, par de nombreux exemples qu'on pourrait multiplier, que, partout où il y a mouvement, il y a de l'électricité jouant le rôle d'agent moteur.

Digitized by Google

trique. C'est bien lui que nous avons vu séparer les éléments les plus solidement unis, s'y combiner temporairement, les transporter à de grandes distances et les fixer avec une précision remarquable à un endroit déterminé. D'ailleurs, les phénomènes de la foudre, bien que tombant dans leur ensemble sous le coup de lois générales que la physique peut constater et formuler, sont cependant pleins de détails curieux, étonnants, qui lui échappent complétement et qui pourraient être, et nous ne craignons pas de le dire, qui doivent être l'œuvre d'agents atomiques intelligents échappant un instant au frein puissant qui semble les maintenir ordinairement dans une voie mécanique toute tracée, pour se livrer à toutes sortes d'actes souvent empreints d'autant de méchanceté que de fantaisie (1).

(1) Depuis que nous avons rédigé ces lignes et que nous en avons donné lecture à la Société des Ingénieurs civils, M. Richoux, à la piste de tout ce qui peut confirmer notre système et à qui nous devons plusieurs communications intéressantes du même genre, nous a fait passer un numéro des Annales télégraphiques de 1859 dans lequel nous lisons, page 646 : « M. Poisson a fait de grands travaux sur l'équilibre électrique dans les corps. Dans ces travaux, l'*électricité serait un être*; » et cependant, ajoute M. Marié Davy, l'auteur de l'article; « Je me demande toujours, l'électricité est-ce un être? Est-ce un état? Est-ce un fluide ou un mouvement? Est-ce l'un et l'autre?» Il est probable que cette idée de Poisson n'était qu'une simple intuition, une hypothèse à laquelle il avait été amené par ses travaux mathématiques, qui, en tous cas, n'a jamais eu cours dans la science officielle, puisque l'on n'en trouve pas trace dans les écrits des physiciens. Nous déclarons, pour notre compte, n'avoir jamais lu une ligne des ouvrages de ce mathématicien, au reste, il est probable que dans l'article cité, comme dans les écrits de

LXXVIII.

Nous avons déjà rapporté, § LIX, quelques faits que nous invitons le lecteur à relire et à méditer et que l'on pourrait déjà invoquer à l'appui de cette opinion. Mais que peut-on citer de plus probant que l'*histoire vraie* de la chûte de la foudre en 1859, à Châteauneuf, rapportée par M. Pouillet, et qu'à ses détails étranges on serait tenté de prendre pour un conte fait à plaisir, si l'on ne connaissait un très-grand nombre de faits du même genre, quoique moins complets, et si d'ailleurs la réalité n'en était attestée par un membre distingué de l'Académie des sciences. L'accident en question, dont le récit occupe plusieurs pages de l'ouvrage de M. Pouillet, peut se résumer ainsi qu'il suit :

La foudre tombe ; un jeune homme chantant l'épître voit le missel arraché de ses mains et *mis en pièces;* puis, lui-même, enlevé par le fluide, roulé par-dessus les assis-

Poisson, le mot *être* est pris dans le sens que nous avons attribué au mot *entité*.

tants terrassés et tous paralysés temporairement des jambes, est finalement jeté dehors par la porte. En même temps, la chaire était écrasée ; le siége sur lequel le curé était assis, brisé ; lui-même était renversé et grièvement blessé, tandis qu'un de ses souliers à boucles lui était enlevé et transporté à l'autre extrémité de l'église. Enfin, un jeune enfant était arraché des bras de sa mère et déposé six pas plus loin, sans autre mal qu'un étourdissement. Mais tous les chiens qui se trouvaient dans l'édifice étaient tués et comme pétrifiés dans la position qu'ils occupaient. L'officiant seul, protégé sans doute par une chasuble en soie, n'était pas touché par la foudre!».

C'est à peine si l'on rencontre dans ce récit succinct un ou deux faits que la science officielle peut aborder, et nous avons la ferme conviction que tous les matérialistes réunis, aidés de toutes les lois connues de la mécanique et de la physique, ne parviendront jamais à donner des autres la moindre explication.

Au contraire, dans le système qui considère l'atôme électrique comme possédant, dans une certaine mesure, intelligence et volonté, système auquel les développements qui précèdent donnent déjà, selon nous, un grand degré de certitude que nous confirmerons d'ailleurs plus loin par l'analyse de l'organisme humain, certains des faits qui vien-

nent d'être rapportés rentrent naturellement dans la catégorie de ceux qui appartiennent à l'être intelligent, doué de force et de volonté, et n'ont plus besoin d'être expliqués autrement. Le seul danger de ce système, c'est qu'il entraîne trop facilement et trop souvent à attribuer à la volonté libre de l'agent élémentaire électrique intelligent une foule de phénomènes qui arrivent aussi par son intervention, mais dans lesquels cette volonté est neutralisée ou plutôt subjuguée, au point de ne s'employer qu'à produire des faits réguliers, conformes à des lois immuables dont nous pressentons la source, et à la découverte desquelles la science s'emploie généralement.

LXXIX.

Heureusement, cette tendance spiritualiste sera toujours tenue en échec par l'école opposée, et l'on aperçoit ici l'utilité, pour ainsi dire providentielle, de cette école ; car la conséquence du premier système poussé à l'exagération, en tous cas sa tendance naturelle, serait de nous porter à vouloir trouver partout l'intervention directe d'un être su-

Digitized by Google

périeur à tout; à ne pas attacher une importance suffisante aux lois qu'il aurait établies et aux agents employés à leur exécution, et, par suite, de nous rendre plus indifférents à la recherche de ces lois.

L'autre école, au contraire, ayant la prétention de n'admettre que la matière et ses propriétés, et voulant que tous les phénomènes ne soient que le résultat de l'enchaînement et du jeu de ces propriétés, semble plus particulièrement incitée à chercher les lois de leurs rapports et de leurs actions réciproques, indépendamment de la considération de toute cause extérieure. Cependant ce système offre, dans son ensemble, une lacune et une contradiction manifestes; car, d'une part, il est obligé d'avoir recours à chaque instant à l'action d'entités variées, ou plutôt d'abstractions appelées FORCES, et il le fait sans songer à approfondir tout ce que ce terme contient; d'un autre côté, il admet à la fois l'*inertie absolue de la matière* et l'existence, entre les molécules des corps et les corps eux-mêmes, d'*actions attractives et répulsives;* ce qui, en y réfléchissant bien, fait de la force une chose inhérente aux corps et en dépendant, et leur attribue ainsi un genre d'action et une manière d'être commune avec les êtres organisés gouvernés par une entité invisible qui a force, intelligence et volonté; de manière que, sans le vouloir, l'école à laquelle nous

faisons allusion aboutit à une étrange contradiction, et finit par se heurter contre une conception spiritualiste devant laquelle elle ferme les yeux et ne formule rien. Et ce qu'il y a de singulier, c'est que cette école va plus loin que nous, et sans nécessité, dans l'intervention de ces actions mystérieuses d'attraction et de répulsion, et de forces de toute espèce ; car, là où elle les appelle encore à son secours, nous continuons toujours à voir la matière inerte soumise à des lois générales et une force extérieure unique. Tels sont les phénomènes offerts par les réactions chimiques ; tels sont les phénomènes apparents d'attraction et de répulsion remarqués dans le fluide électrique libre, que nous avons expliqués par des lois de mécanique analogues à celles qui régissent les mouvements des autres fluides moins subtils ; si bien que nous n'avons admis l'entité atomique, qui a pour attributs *force, intelligence* et *volonté,* que lorsque nous n'avons pu faire autrement, lorsque l'évidence nous en a paru irrécusable. Nous l'avons fait alors sans détour, sans faiblesse, et sans crainte d'être taxé de mysticisme; et nous avons l'espoir que si, dans le système que nous avons exposé et couronné par cette conception spiritualiste, l'on trouve quelques points où les faits pourraient être plus abondants, ce à quoi nous nous efforcerons de suppléer un jour ou l'autre, nous espérons que l'on n'en

Digitized by Google

rencontrera pas où il y ait contradiction ou offense grave à la saine logique.

LXXX.

Essayons maintenant de récapituler tous les exemples connus du mouvement, ou, si l'on veut, des phénomènes de la force; et voyons s'il en est qui échappent à l'agent extraordinaire que nous pressentons être le moteur universel de tout ce qui est.

Dans les phénomènes les plus délicats, ceux qui se rapportent directement aux cinq sens, il n'y a, ainsi que nous l'avons démontré, que des modes de vibrations divers du fluide électrique. Dans les mouvements de nos organes de relation, il y a compression de la substance musculaire par ce fluide, raccourcissement des fibres, et, par suite, mouvement de l'organe. Dans la vie de nutrition, on saisit de suite le rôle d'un agent atomique intelligent, auquel on a suppléé jusqu'ici par l'admission d'un *fluide vital*. Nous y reviendrons. Est-il besoin d'en chercher un autre pour présider à tous les phénomènes de la vie animale ou végé-

tale, quel que soit le degré de l'échelle auquel on s'adresse? Il nous paraît difficile, avec les données actuelles de la science et l'interprétation que nous avons pu logiquement leur appliquer, de trouver une autre cause au phénomène important de la gravitation. La présence et l'action de l'électricité, dans les actions chimiques, ont été suffisamment établies; et du moment que cet agent est reconnu doué de force et d'intelligence, qu'il peut éloigner ou rapprocher les molécules d'un même corps ou de corps différents, qu'y a-t-il d'étonnant à ce qu'il les maintienne unies ensemble ; de telle sorte qu'après avoir produit les répulsions ou les affinités chimiques il serait encore la cause de l'adhérence, de la cohésion, et même de la pesanteur? En quoi ces phénomènes sont-ils plus étranges que celui par lequel nos mains tirent et séparent, rapprochent et compriment des morceaux de gomme élastique, par exemple? Tous ces effets mécaniques si divers ne sont-ils pas compris entre ces deux modes d'action extrême du fluide qui entraînent tous les autres, à savoir : 1° action atômique individuelle de l'agent sur l'atôme matériel; 2° action par masses sur des corps de dimensions variées. Si à ce terme de l'action mécanique, qui peut varier de l'infiniment petit à l'infiniment grand, nous ajoutons le nombre infini de vitesses que peut prendre l'électricité, n'est-il pas évident

Digitized by Google

que cet agent, doué d'un certain degré de volonté et subordonné, peut être à lui seul la source de tous les phénomènes naturels connus et inconnus ?

LXXXI.

On comprend dès-lors facilement comment il se fait que les divers phénomènes, observés en physique, aient un certain nombre de caractères communs, et naissent, pour ainsi dire, les uns des autres, sans qu'il y ait, en apparence, un ordre obligé dans la succession des uns aux autres. Où M. Grove, dans son ouvrage sur la corrélation des forces physiques, qui résume les tendances actuelles des physiciens, a vu des forces différentes, ce qu'il appelle des affections de la matière, qu'il dit être connues sous les noms de *chaleur*, *lumière*, *électricité*, *magnétisme*, nous nous croyons autorisé, par la démonstration qui précède, à ne voir qu'une seule force atômique intelligente et subordonnée, résidant dans le fluide électrique, et des transformations de mouvement de cet agent, suivant des modifications qu'il s'imprime à lui-même ou qu'il reçoit de sa

rencontre avec des corps inertes ; transformations qui se traduisent à nos sens et à notre esprit par le mouvement des corps pondérables, le son, l'odeur, la saveur, la chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, l'attraction ou la répulsion moléculaire, l'attraction ou la répulsion planétaire. Rappelons, pour terminer ce sujet, quelques-unes de ces transformations les plus saisissantes : celles où la trace du fluide se suit le plus facilement.

LXXXII.

Nous citerons d'abord la barre métallique dans laquelle on a incorporé, par l'exposition au feu, une quantité suffisante de fluide électrique à l'état vibratoire pour la rendre lumineuse. A mesure que ces vibrations, se communiquant à l'air et aux corps ambiants, s'atténuent forcément dans la barre elle-même, nous avons vu les transformations successives du mouvement vibratoire se traduire à nos sens : par la chaleur seulement; puis par l'odeur ; bientôt par le son; et finalement par le mouvement moléculaire du retrait de la barre en question.

Digitized by Google

Nous voyons tous les jours l'électricité, mise en liberté par la combustion du charbon, traverser un vase en métal contenant de l'eau et l'échauffer, c'est-à-dire la constituer à un état vibratoire moléculaire, accompagné d'une dilatation que l'on peut, par un artifice particulier, rendre perceptible à l'œil. Au bout d'un certain temps, avant que l'eau ne commence à se résoudre en vapeur, avant que l'on puisse y reconnaître un mouvement apparent, le liquide fait entendre un son, ou plutôt ce chant si connu des ménagères, qui, pour nous, est un signe indubitable de la présence de l'électricité, auquel les savants ne se sont jamais arrêtés, bien à tort, selon nous. Mais à peine cette phase du mouvement vibratoire intime est-elle accomplie, que le mouvement apparent de translation de la masse liquide se manifeste tumultueusement; l'électricité s'alliant, pour nous, à l'eau, comme elle le fait avec l'oxigène, l'emporte à l'état de vapeur. Mais si elle est dans une chaudière fermée où ce composé *hydro-électrique* puisse s'accumuler, on pourra utiliser le mouvement qu'il recèle, en le transformant de nouveau et le faisant passer de l'eau à un corps pondérable plus dense, comme les organes métalliques d'une machine à vapeur.

Digitized by Google

LXXXIII.

Y a-t-il quelque chose de plus clair, de plus concordant avec les notions les plus simples de la mécanique, que de voir un fluide, dont l'existence et la matérialité sont aussi évidentes que celles de l'oxigène ou d'un gaz quelconque, doué naturellement, lorsqu'il est isolé, d'un pouvoir mécanique considérable à la faveur d'une vitesse prodigieuse, perdre cette vitesse en augmentant sa masse par ses combinaisons avec l'eau, en conservant en puissance mécanique disponible tout ce qui n'a pas été absorbé par le changement d'état du véhicule; puis de là passer en partie dans un corps plus dense encore (les organes métalliques d'une machine), avec une nouvelle diminution de vitesse, sans rien perdre cette fois de sa quantité de mouvement, ces organes ne subissant pas de changement d'état. La preuve, d'ailleurs, que tous ces phénomènes ne sont que des transformations du mouvement vibratoire ou de translation de l'électricité, dues aux modificateurs solides ou liquides dans lesquels l'agent s'incorpore successivement, preuve que

nous avons fournie en détail, en plusieurs occasions, dans le cours de cet essai, c'est qu'en chaque point de la série des faits que nous venons de retracer sommairement on peut dégager l'électricité, l'exprimer, pour ainsi dire, comme l'eau d'une éponge, et la faire apparaître sous les formes où l'on est plus habitué à reconnaître son identité, celles où sa présence est accusée par des appareils spéciaux, comme l'électromètre et le galvanomètre.

Ne l'a-t-on pas reconnue dans la combustion au moyen de l'électromètre condensateur? Ne la retrouve-t-on pas dans le métal auquel les gaz du charbon en cèdent une partie, pourvu que l'on ait eu la précaution d'opposer un obstacle au mouvement du fluide, de manière à le faire apparaître au galvanomètre sous la forme appelée *courant thermo-électrique?* Quand le métal l'a cédée à l'eau, et que celle-ci est transformée en vapeur, qui est pour nous, nous ne saurions trop le répéter, une combinaison analogue à l'ozone, cette combinaison à la rencontre d'un obstacle, en se décomposant ou se condensant, ce qui est la même chose, ou même sans cela, ne cède-t-elle pas son électricité libre (1) à un conducteur, de manière à fournir des étincelles, ainsi

(1) Il y a, en effet, dans la vapeur de l'électricité à deux états : celle qui maintient l'eau à cet état, et l'électricité à l'état vibratoire, en laquelle réside la force qui fournit le travail mécanique de la vapeur.

Digitized by Google

que cela se démontre au moyen de la machine hydro-électrique d'Armstrong? Si, de là, nous nous adressons à un organe solide de la machine à vapeur et que nous résolvions son mouvement en un frottement sur une surface appropriée, ne voyons-nous pas de nouveau l'électricité apparaître et sortir à l'état d'étincelles?

LXXXIV.

Peut-on interpréter autrement et plus naturellement les transformations suivantes rapportées par M. Grove dans l'ouvrage déjà cité. « Lorsqu'une substance comme le sul-
« fure d'antimoine est électrisée, elle devient magnétique
« au moment de l'électrisation, dans des directions à
« angle droit avec les lignes des forces électriques ; elle
« devient en même temps *chaude* à un degré plus ou
« moins élevé, *suivant l'intensité de la force électrique.*
« Si cette intensité est exaltée au-delà d'une certaine
« limite, le sulfure devient *lumineux* ou de la *lumière est*
« *produite ; il se dilate* aussi, et, par conséquent, il y a
« production de mouvement. *Il se décompose* enfin et il y a
« *production d'action chimique.* »

Dans une expérience qu'il fit, en 1853, le même physicien tira de la lumière ou des vibrations lumineuses du fluide électrique tous les autres modes de mouvement du même agent. Il décrit cette expérience comme il suit : (page 149.)

« Une plaque daguerrienne préparée est enfermée dans « une boîte remplie d'eau et fermée par une lame de « verre recouverte par un écran mobile. Entre le verre et « la plaque, je place un grillage de fils d'argent, la plaque « est en contact avec l'une des extrémités du fil d'un gal- « vanomètre; et le grillage de fils avec l'extrémité d'une « hélice de Bréguet (élégant instrument formé d'une lame « très-mince de deux métaux soudés ensemble, et dont « les dilatations inégales indiquent les plus légères varia- « tions de température) ; les extrémités restantes du fil « du galvanomètre et de l'hélice thermométrique sont « unies par un fil conducteur ; et les aiguilles du galva- « nomètre et du thermomètre sont amenées à zéro. Aus- « sitôt qu'un rayon de lumière diffuse, ou d'une lampe « oxyhydrogène, trouve accès sur la plaque, par le dépla- « cement de l'écran, les aiguilles se dévient. Ainsi, en « prenant la lumière pour force initiale, nous avons sur « la plaque une *action chimique ;* dans les fils d'argent, de « l'électricité circulant sous *forme de courant ;* dans la

« bobine du galvanomètre, du *magnétisme ;* dans l'hélice,
« *de la chaleur ;* dans les aiguilles, *du mouvement.* »

Y a-t-il autre chose là dedans, qu'un même agent qui se traduit aux sens, sous une forme du mouvement différente, suivant les modificateurs qu'il rencontre?

Si après tout ce que nous avons dit sur ce sujet, le rôle que nous attribuons à l'électricité ne ressort pas avec la clarté du jour ; si nous nous sommes trompé sur le caractère d'évidence que nous croyons y reconnaître, nous sommes d'avis que nous méritons de perdre la vue du corps et de l'esprit dont nous aurions fait un si mauvais usage.....

Mais non, nous sommes dans le vrai, car nous n'avons fait, en partie, que relier d'une manière très-simple, en les confirmant, ces intuitions concordantes échappées à trop de savants distingués pour ne pas être l'expression presque complète de la réalité. Quelle différence y a-t-il, en effet, entre les lignes suivantes, qu'écrivait le célèbre Œrsted sur la fin de ses jours, et celles qui précédent, si ce n'est dans celles-ci une solution plus complète du problème, une probabilité changée en certitude par un groupement logique des faits connus. « Les recherches les plus « récentes, » écrivait l'habile physicien et métaphysicien « tout à la fois « ont rendu très-probable cette opinion,

« que la lumière est produite par les vibrations d'une « matière subtile répandue partout, que l'on nomme « *éther*. Mais si la lumière consiste en de telles vibra- « tions, la chaleur rayonnante doit se trouver dans le « même cas. En effet, il y a déjà longtemps que nous « avons des raisons de considérer la chaleur comme une « radiation, qui ne se distingue de la lumière que par la « *lenteur plus grande des vibrations*. La facilité avec la- « quelle nous convertissons l'électricité en chaleur, quand « nous opposons une résistance à un courant, donne à « penser que l'électricité ne dépend pas moins d'un état « vibratoire et qu'il suffit de *condenser ces vibrations* pour « constituer des vibrations de la chaleur. Cette opinion, « d'ailleurs, est fortement confirmée par le fait que la cha- « leur se convertit dans les bons conducteurs en électricité, « ainsi que nous le voyons dans les expériences thermo- « électriques. Les actions magnétiques sont inséparables « des actions électriques et ne diffèrent, comme elles font, « qu'en direction, les unes agissant perpendiculairement « aux autres. Il serait bien étrange qu'elles dussent être « rapportées à des substances matérielles différentes. « Quiconque, enfin, connaît les recherches électro-chimi- « ques de notre siècle verra aisément combien elles ont « modifié nos idées sur les actions chimiques et par con-

« séquent sur les combinaisons et la formation des corps « que l'expérience journalière nous fait rencontrer. »

A l'exception de l'éther que nous repoussons et remplaçons par le fluide électrique, toutes ces vues sont parfaitement d'accord avec celles dont nous croyons avoir fourni la démonstration. Nous les résumerons, pour terminer, ainsi qu'il suit :

LXXXVI.

La matière est multiple, inerte et incohérente par elle-même. Elle est incréée et indestructible. Elle est mue dans ses transformations, elle est maintenue dans ses combinaisons, par une force atomique, intelligente et universelle, agent matériel qui s'y combine ou la décompose, suivant les circonstances, et conformément à des lois invariables que le PRINCIPAL OBJET DE LA SCIENCE *est de découvrir et de formuler.*

Cet agent est L'ÉLECTRICITÉ. *Le fluide, considéré atomiquement, est, s'il nous est permis de nous servir de cette expression,* L'AME DE LA MATIÈRE INERTE *inorganique; consi-*

déré en masses et par rapport aux corps planétaires et à ceux qui gisent à leur surface, il est la cause de la pesanteur et de la gravitation. Comme toute autre substance matérielle, l'électricité reçoit le mouvement d'autres corps qui en sont doués et le communique à son tour. Mais elle en diffère en ce point important, qu'elle peut aussi se l'imprimer à elle-même, soit en obéissant à certaines lois tracées à l'avance, comme celles qui règlent les actions chimiques ou les actes intimes de l'organisme animal ou végétal, soit en subissant l'empire de la volonté des êtres dont elle pénètre les tissus.

L'électricité, qui est ainsi le moteur auquel sont dus les mouvements conscients ou inconscients, apparents ou intimes des corps organisés, est aussi et tout naturellement l'intermédiaire par le moyen duquel ces corps sont mis en rapport avec le monde extérieur. Elle est l'agent d'où dérivent toutes nos sensations, qui ne sont autres que le résultat d'actions mécaniques d'un ordre différent, s'adressant à des appareils spéciaux préparés pour les recevoir.

Cette variété d'effets est due, à la fois, à la nature particulière du fluide, qui lui permet d'entrer en rapport avec l'entité supérieure en laquelle réside la volonté, à sa densité infiniment faible, à la variété infinie de vitesses qu'il

Digitized by Google

peut prendre, ce qui le rend capable de tous les effets mécaniques possibles compris entre l'infiniment petit et l'infiniment grand.

Ces effets, en ce qui concerne les sensations, sont dus au mode particulier du mouvement appelé VIBRATIONS.

Toutes les fois que l'électricité vibre, il s'établit une certaine relation entre le NOMBRE *de ces vibrations et leur* AMPLITUDE ; *cette relation est exprimée par une courbe hyperbolique rapportée à ses asymptotes, dont le produit des coordonnées à la première puissance est variable. Ce produit est la vitesse de transmission de l'électricité particulière à une certaine série de phénomènes spéciaux qui se transmettent, suivant le cas, à l'un ou à l'autre de nos cinq sens.*

Lorsque le nombre de vibrations varie de 40 *à* 4,000 *environ et la vitesse de transmission de* 340 *mètres par seconde à* 3,000 *ou* 4,000 *par exemple, l'impression qui nous est apportée n'affecte que l'oreille : c'est celle du* SON. *La vitesse constante du son, quels que soient le ton, le timbre et l'intensité, admise encore par la majeure partie des physiciens, n'est pas vraie d'une manière absolue. Toutefois, dans certaines limites, et nous avons expliqué comment, on obtient des vitesses assez peu différentes pour réaliser, entre divers instruments, l'effet appelé* HARMONIE.

Digitized by Google

Lorsque le nombre des vibrations atteint plusieurs milliers de milliards et la vitesse de transmission 300 *à* 400 *millions de mètres par seconde, apparemment avec le minimum de densité du fluide, la sensation que nous éprouvons est celle de la* LUMIÈRE BLANCHE *et de la* CHALEUR *tout à la fois.*

Le nombre de vibrations diminuant, nous recevons les sensations des LUMIÈRES BLANCHES *ou* COLORÉES *de diverses intensités et de chaleur diminuant progressivement.*

Le nombre de vibrations immédiatement inférieur aux précédents est celui de la CHALEUR *émise par les corps qui n'ont plus, pour l'organe de la vision, l'apparence lumineuse.*

Entre les sensations que nous recevons de l'électricité vibrant avec des vitesses appartenant aux derniers degrés perceptibles de chaleur, et celles des sons les plus aigus que nous puissions percevoir, il y a une grande variété de vibrations de cet agent qui apportent, à nos autres organes, les sensations du TOUCHER *et celles si multipliées du* GOUT *et de* L'ODORAT.

On peut appeler la courbe qui exprime la loi qui régit les phénomènes remarquables qui viennent d'être retracés *la courbe des vibrations électriques.*

Digitized by Google

LXXXVII.

Mais le fluide électrique, outre des entités de même nature mais d'un ordre supérieur dont il a été déjà question, incidemment, et sur lesquelles nous reviendrons d'une manière toute particulière, dans la dernière partie de notre travail, constituant, d'une part, un ensemble infini de forces ou agents moléculaires doués, à un certain degré, d'intelligence et de volonté qui les rend capables de produire et produisant en réalité des effets infinis en nombre et en grandeur; d'autre part, pouvant par le fait de la volonté et d'après les exemples que nous avons rapportés, employer cette puissance à tout bouleverser; l'ordre et l'harmonie ne sauraient subsister si ces agents n'étaient en général subjugués et subordonnés à des lois tracées d'avance par un pouvoir supérieur. Or, cette harmonie et ces lois existant de toute évidence, il y a une volonté, une intelligence supérieures qui président à tout. Il y a une entité à laquelle ces attributs appartiennent. Il y a un Dieu.....

Digitized by Google

CHAPITRE V.

ÉTUDE SPÉCIALE DU ROLE DE L'ÉLECTRICITÉ DANS L'ORGANISME HUMAIN ET DE L'ENTITÉ APPELÉE AME.

LXXXVIII.

Lorsque nous avons analysé l'action de l'électricité sur l'organisme animal, nous sommes arrivé à deux notions importantes. Nous avons prouvé, en effet, : 1° que l'électricité était l'agent qui imprimait le mouvement aux muscles; 2° que ce fluide pouvait agir sous l'empire de la volonté. A l'article de la *force*, nous avons ajouté aux notions précédentes une troisième qui pouvait déjà se pressentir par l'énonciation de la seconde, à savoir : que l'*électricité*, considérée atomiquement, est la *force élémentaire intelligente*. Enfin, nous avons pu également et légitimement con-

Digitized by Google

clure, de certains attributs spéciaux, à l'existence d'une entité supérieure, régulatrice des actes de tout organisme individuel. En outre, de, l'existence de la force intelligente, recélée par l'agent électrique et par les entités supérieures au service desquelles la première est vouée aussi bien qu'à tous les phénomènes naturels; de l'ordre et de l'harmonie existant dans l'univers, malgré la présence et l'action de forces, en nombre infini, qui pourraient aussi bien produire la désorganisation et le chaos, si elles n'étaient dirigées, nous avons déduit rigoureusement la notion d'un ordonnateur suprême, celle de Dieu...

Nous avons dû borner, là, l'exposé de notre système devant une Société qui ne s'occupe généralement que de sciences appliquées, et qui ne prête l'oreille aux spéculations purement scientifiques que par pure bienveillance pour ceux de ses membres qui aiment à consacrer, à ce genre d'études, les loisirs que leur laisse leur profession d'ingénieur. Nous ne laisserons pas échapper cette occasion de témoigner. à nos confrères, notre gratitude pour l'attention qu'ils ont bien voulu nous prêter pendant trois longues séances, où nous avons donné lecture d'une grande partie de ce qui précède et les encouragements que nous avons reçu de bon nombre d'entre eux. Par la même occasion, nous remercions les personnes étrangères à notre société, tant de France que

d'ailleurs, qui, à la simple lecture du compte-rendu des deux premières séances, ont puisé des éléments suffisants de conviction pour se déclarer nos adhérents, et nous ont vivement excité à persévérer jusqu'au bout dans la voie où nous étions engagé. Nous espérons que le troisième compte-rendu, qui, depuis, a dû leur parvenir, aura répondu à peu près, à leur attente (1). Ce devoir rempli, nous pro-

(1) Parmi les lettres que nous avons reçues et qui prouvent, toutes, l'attrait que présentent les questions traitées dans cet essai et le grand nombre de personnes qui s'en occupent, nous reproduisons celle d'un membre de l'Académie de médecine de New-York et le résumé très-clair et très-succinct du journal américain, qui nous a valu la lettre en question. Voici d'abord l'article, que nous transcrivons textuellement, ainsi que la lettre, qui vient à la suite :

« In a paper lately read before the French Society of Engineers, M. Love « contends that sound, heat and light are produced by the same agency; « and that in the case of sound, the air or solid bodies only act as inter- « mediaries by which electric fluid is set in motion. Sound, heat and « light are according to this view, only different and accelerated vibrations « of the same fluid. The *Presse scientifique*, which records these specu- « lations, does not supply the arguments on which they are founded, but « in every direction occular intimations are arising that give us assu- « rance that the speculative intellect of the age will not let the question « rest until it has established, by experimental research, that fact, that « light, heat, electricity, magnetism, chemical affinity and mechanical « power are but derivative et convertible forms « of *one Force*. »

1219 — Broad-Way. New-York,-June, 25th. 1860.

« My dear Sir,

« The enclosed slip is from the « New-York Daily Times » of June « 23rd. 1860. It is the first line I have ever seen on that subject. I, « too, have been trying to solve the problem of « the unity of sciences », « for the past *eight years*, but have never succeeded in thoroughly « demonstrating the idea, in such a way as to be satisfactory to

cèderons à un examen plus approfondi que nous n'avons pu le faire jusqu'ici du rôle de l'électricité dans l'organisme de l'homme, en particulier, ainsi que de celui des entités supérieures dont l'existence, l'individualité et la multiplicité, tout à la fois, nous sont révélées par des attributs spéciaux présentant la plus grande variété dans le degré de leur développement, suivant les individus.

LXXXIX.

Par les motifs que nous avons déjà déduits, nous n'avons pu, dans le quatrième chapitre, nous étendre plus que

« myself. *I Know you are right*, but I could not prove it. I pray « you, send me a detailed statement of the entire process by which « you arrived at the *truth*. Please, accept my congratulations on beeing « the man so fortunate, as to take the first step in the mighty revolu- « tion in sciences, that must follow the establishment of the *Truth* of « your paper. I envy you your happiness; no, I do not envy, but I regret « that y failed to prove that, which we both *feel to be true*. Rest assured « you will have at least *ohe bettever* in this city. I feel that « unity of « ideas » gives me the right to address you, may y hope you will receive « it kindly and reply. »

I am. etc., etc.

J. M, NULTY. M. D.
Fellow. N. B. Academy of medicine, etc, etc

Digitized by Google

nous ne l'avons fait sur des notions qui, considérées à un certain point de vue, appartiennent bien plus à la physiologie et à la métaphysique qu'à la physique. Ainsi, par exemple, avant d'entrer dans l'argumentation particulière d'où nous avons tiré que l'électricité est une *force élémentaire intelligente,* nous étions arrivés, par la simple analyse du mot force, pris dans son acception la plus générale, à cette notion, que l'idée de *force* ne pouvait être séparée de celle d'*intelligence* et de *volonté,* et par suite, d'une entité à laquelle ces attributs doivent appartenir. Nous sommes ici plus à l'aise pour reprendre cette argumentation et la pousser à ses conséquences les plus extrêmes.

C'est ce à quoi nous procèderons, de suite, en faisant observer tout d'abord que la *volonté* ne peut se concevoir sans l'*intelligence.* Cela est clair comme le jour; et ces deux qualités, indissolublement unies, étant bien et dûment reconnues, on est invinciblement conduit à se demander, si l'on veut aller plus loin, à quoi elles aboutiraient, à quoi elles serviraient, si la *force* ne leur était adjointe. Donc, ces trois éléments coexistent de toute nécessité; et comme ils le font clairement, distinctement, ce sont trois attributs auxquels correspondent des entités spéciales, distinctes de tous les corps pondérables connus.

Ainsi, soit que l'on parte de la notion reçue de la force,

Digitized by Google

soit qu'on le fasse de celles d'*intelligence* et de *volonté*, on arrive forcément à lier ces trois termes d'une manière étroite et à conclure à l'existence d'une entité en laquelle résident ces trois qualités.

L'homme possède évidemment un type particulier d'entités de cette nature ; il est une des expressions les plus élevées de la force qui nous soit connue. La variété extrême que l'on remarque dans les attributs, sans qu'aucun effort puisse jamais les égaliser, atteste l'individualité propre à chaque entité; tandis que les degrés que l'on remarque en descendant l'échelle humaine, et de-là celle de tous les êtres vivants, jusqu'aux animaux invisibles, prouvent assez que ces sortes d'entités sont en nombre infini en allant vers l'*infiniment* petit. Et si nous ne pouvons affirmer qu'il y en a s'élevant sans interruption jusqu'à l'*infiniment grand*, nous verrons qu'il y a de bonnes raisons pour croire que l'homme n'est pas le dernier terme de la série ascendante.

Digitized by Google

XC.

Mais, si l'entité qui a force, intelligence et volonté, ou en d'autres termes, si la *force intelligente et libre*, en question, a un caractère tranché d'individualité, pouvons-nous dire que dans l'homme, tel que nous le connaissons corporellement, il n'y a que cela? Voyons un peu :

Lorsque nous mettons en mouvement un membre quelconque, il est clair que ce mouvement se produit d'après l'impulsion directe de la force intelligente qui est en nous. Mais se continue-t-il toujours en vertu d'impulsions pareilles renouvelées? Non.

En effet, qui n'a remarqué, dans le phénomène de la marche, par exemple, que nos jambes, mises en branle par l'impulsion donnée par l'agent supérieur qui est en nous, continuent leur mouvement, à son insu, et sans que la volonté intervienne autrement que pour le suspendre ou en changer la direction? Et encore, combien de fois n'arrive-t-il pas, surtout s'il s'agit d'un chemin déjà parcouru, que la direction de la marche est changée plusieurs fois et que

l'on arrive à destination sans que l'on s'en soit aperçu. Remarquons d'ailleurs que, pendant que cet acte s'exécute, l'esprit est aussi libre de s'occuper d'autre chose que si le corps était assis et immobile, pourvu toutefois que le travail musculaire exigé par cet acte soit modéré ; ce qui ne serait pas le cas si la marche était précipitée, et si le corps, au lieu de se mouvoir sur un terrain à peu près horizontal, gravissait une pente un peu raide.

Dans le travail des doigts du pianiste qui apprend ou qui déchiffre, l'intelligence et la volonté sont d'abord employées, avec la vision oculaire, à diriger les doigts ; mais bientôt ces organes ont appris à connaître leur chemin, comme les jambes ; ils se dirigent eux-mêmes à leur tour, et choisissent, avec une précision remarquable, l'endroit où ils doivent tomber. Pendant ce temps-là, l'esprit peut aussi, dans une certaine mesure, s'isoler de l'acte exécuté par les mains et s'occuper de toute autre chose ; et cela est si vrai, son intervention est même si loin d'être utile; c'est que s'il veut suivre, avec attention, l'exécution d'un passage difficile que l'on a dans les doigts, pour nous servir de l'expression usuelle, à force de le répéter, le passage est manqué presque invariablement.

Ainsi donc, il est bien clair que le corps exécute des mouvements très-variés, sans que la volonté intervienne

Digitized by Google

autrement que pour les ordonner ou les suspendre; et comme ces mouvements ne sont pas de ceux que l'on imprime à la matière inerte, *puisqu'ils changent de sens à chaque instant*, ils doivent l'être, de toute nécessité, à un agent qui a la faculté de recevoir le mouvement et de le changer de lui-même, c'est-à-dire à une entité qui a force et intelligence. Or, comme il a été établi, déjà, que l'électricité est le fluide par l'intermédiaire duquel nous imprimons le mouvement à nos organes, il s'en suit rigoureusement que c'est, avec raison, que nous avons déjà désigné cet agent sous le nom de *force élémentaire intelligente*.

XCI.

Mais outre le mouvement apparent de nos organes de relation, généralement issu de la volonté (1), il y a aussi des mouvements intimes moléculaires qui échappent com-

(1) Nous disons *généralement*, parce qu'il y a des cas, comme les tics ou accès nerveux, l'épilepsie, etc., où l'entité supérieure est momentanément subjuguée par l'action des forces élémentaires électriques, et où les mouvements s'exécutent sans son intervention.

Digitized by Google

plétement à son influence; ce sont ceux par lesquels sont apportés aux muscles les matériaux réparateurs; et emportés, ceux qui ont été transformés et rendus impropres à faire partie du système. Or, dès qu'il est établi que les mouvements musculaires continus, inconscients ou autres, sont dus à l'agent électrique; il va de soi que les mouvements intimes dont il vient d'être question, comme ceux appartenant aux viscères, doivent être attribués au même agent.

Ces mouvements de particules matérielles réduites à l'état moléculaire, et qui s'opèrent, soit dans des canaux imperceptibles, soit au travers des tissus, sont de la même nature que les phénomènes de transport opérés par l'électricité extérieure tirée d'une machine quelconque. Il n'y a de différence que dans le mode et le point de départ de l'impulsion. Ce qui prouve, du reste, la nature de l'agent qui intervient dans ces actes de l'organisme, c'est que l'activité d'un organe est toujours signalée par une augmentation de chaleur, *laquelle indique toujours, là où elle se manifeste, une accumulation du fluide;* c'est qu'une augmentation de chaleur, apportée de l'extérieur sous forme d'aliments chauds, facilite le travail de la digestion; c'est qu'une incorporation de chaleur, c'est-à-dire de fluide, dans nos muscles, les rend plus propres au mouvement; c'est

qu'une soustraction de ce fluide, qui nous donne la sensation de froid, est cause d'un embarras ou d'une diminution graduelle dans le mouvement des organes de relation, qui peut aller jusqu'à l'inertie complète et la mort; toutes choses très-simples et qui découlent de source dans l'ordre d'idées où nous nous trouvons.

On conçoit également que l'électricité étant le moteur direct de toutes les molécules qui constituent l'organisme, dès que cet agent n'est plus soumis à l'entité supérieure qui y résidait, son action devient désorganisatrice, surtout quand il est aidé par la température extérieure, c'est-à-dire par une addition d'électricité extérieure à l'état vibratoire; de là, la décomposition des organes après la mort. Et, comme ce que nous appelons basse température n'est qu'une réduction de l'électricité à l'état vibratoire, on conçoit également qu'un cadavre trouvé ou mis dans la neige s'y conserve indéfiniment.

Digitized by Google

XCIV.

Il nous paraît ressortir assez clairement de cette démonstration que l'organisme humain est mû par deux systèmes de forces intelligentes dont l'un est *généralement* subordonné à l'autre. C'est, d'une part l'agent électrique qui imprime directement le mouvement aux organes de relation et de nutrition. C'est, d'autre part, l'entité supérieure et régulatrice qui donne l'impulsion au premier ou l'arrête. A cause de l'analogie de cette dernière avec l'entité désignée dans les diverses croyances sous le nom d'*âme*, nous lui appliquerons la même appellation, tout en faisant remarquer qu'il y a une différence essentielle entre les deux : c'est que toutes les croyances la supposent *immatérielle;* elles admettent en outre, plus ou moins, qu'après cette vie l'âme, suivant ses mérites, est vouée à une éternité de souffrances ou à une éternelle et sainte oisiveté. Pour nous l'âme est matérielle; ce que nous avons déjà dit dans le § LXXIV fait voir qu'il n'en peut être autrement. Nous y reviendrons plus d'une fois. Et comme la vie ré-

Digitized by Google

side surtout, si ce n'est tout-à-fait, dans le mouvement et ses modes infinis, il s'en suit que, sous peine de se dissoudre, l'âme ne doit quitter une situation active que pour en reprendre une autre jusqu'à la fin des temps. Nous espérons que la suite de cet essai donnera, à ces vues, une nouvelle confirmation. En tous cas, nous croyons qu'il est plus moral et plus rationnel de représenter l'être comme éternellement actif, que de l'habituer à l'idée que la récompense d'une vie bien remplie, bien occupée, comme de la vie monastique contemplative, est une oisiveté éternelle. La récompense du travail est dans l'exécution du travail lui-même et les résultats qu'il produit ; et nous estimons bien plus une heure de labeur mental ou corporel que de longues années passées dans la prière et la contemplation.

XCIII.

L'âme est passive ou active. Dans le premier de ces deux états, elle reçoit les vibrations qui s'adressent aux cinq sens. Ces sensations, ainsi que nous l'avons vu et que le rappelle le mot *vibrations*, ne sont autres que des

actions mécaniques de divers ordres, et en tous cas d'une délicatesse extrême. Celles que nous recevons par les yeux sont les plus déliées. Partout ailleurs la sensation est plus grossière, plus lente, plus obtuse. Là, elle est rapide comme la pensée et d'une netteté extrême. Le témoignage de tous les autres sens réunis ne sauraient nous donner une idée aussi rapide et aussi complète d'un corps que celle que nous recevons par l'organe de la vision. Nous ne saurions non plus transmettre par la parole et l'action, une idée aussi rapide de la sensation éprouvée, que par l'éclair qui jaillit quelquefois de cet organe. C'est évidemment par lui que l'âme est en communication la plus directe et la plus prompte avec le monde extérieur. C'est là qu'elle apparaît, avec le plus d'évidence. On pourrait dire qu'elle est, physiquement, ce qui fait la différence entre l'œil du cadavre et celui de l'homme vivant qui reçoit une impression plus ou moins vive, impression qui l'appelle d'une manière particulière à cet observatoire, à cette fenêtre de son habitation corporelle.

Est-il besoin de faire remarquer de nouveau que l'âme, ne recevant que des vibrations, des actions mécaniques, est nécessairement matérielle. L'idée contraire est tellement enracinée qu'il peut y avoir utilité à reproduire cette observation toutes les fois qu'elle se trouve incidemment ou

Digitized by Google

directement ramenée par le discours ; nous y reviendrons encore plus d'une fois.

XCIV.

Mais le lieu de réceptivité de ces actions mécaniques, qui produisent les sensations, est-il absolument invariable ? En d'autres termes, ne pouvons-nous voir que par les yeux, entendre que par les oreilles? Ou bien, ces organes peuvent-ils fonctionner dans les conditions autres que celles qui existent pendant le jour? En ce qui concerne ce dernier point, nous pouvons dire que nous n'avons pas, pendant la veille, des impressions, de toute espèce, plus nettes que celles que nous paraissons percevoir quelquefois en songe, par ces organes. On nous répétera à ce propos l'adage : que *songe* n'est que *mensonge*. Mais nous répondrons : Qui le prouve? Il nous semble, au contraire, que n'ayant que la sensation pour juger de la réalité des objets ou de leurs *images*, et cette réalité étant d'autant mieux établie, en général, que la sensation est plus vive et plus précise, il ne serait pas bien difficile de trouver

des cas où, sous ce rapport, le songe l'emporterait sur la veille. Nous reviendrons là-dessus. En ce qui concerne le premier point, il nous semble, *à priori*, que lorsque l'*âme* n'est pas masquée par des organes, lorsqu'elle est libre, elle peut sentir, de toutes les manières, en tous les points de son être; et rien ne dit qu'il ne puisse exister des états particuliers de l'organisme où ce phénomène se réalise dans une certaine mesure... Or nous trouvons justement une preuve irrécusable du déplacement des sens, de la non-indispensabilité des organes spéciaux, dans certains cas de somnambulisme naturel. Qui ne sait, en effet, que, dans cet état extraordinaire, l'homme exécute tous les actes possibles de la vie ordinaire sans le secours des yeux? N'a-t-on pas vu des femmes timides, à la veille, gravir, dans cet état, un pan de mur, un toit escarpé, avec autant d'aplomb qu'un équilibriste de profession? Dans ces circonstances, l'expérience semble prouver que la direction imprimée à l'organe de relation qui exécute l'acte est absolument locale. On peut, en effet, mettre un écran entre les yeux du somnambule qui écrit et son papier, ou éteindre la bougie qu'il a allumée, sans le troubler dans son opération, sans qu'il cesse de la poursuivre avec la même assurance et le même succès.

Digitized by Google

XCV.

Qui, après cela, pourrait raisonnablement nier la possibilité de provoquer artificiellement des phénomènes du même genre? En quoi leur reproduction par la science et la volonté humaines est-elle en désaccord avec l'expérience de tous les jours et la saine logique? La chimie et la physique n'abondent-elles pas en exemples qui prouvent que l'homme peut saisir les secrets des phénomènes naturels et les reproduire? Où est l'homme ayant assez d'autorité pour fixer la limite à laquelle nous devons nous arrêter dans cette voie expérimentale, pour proscrire tel ou tel procédé d'investigation dans une branche particulière du savoir humain? Les voies pour arriver à la connaissance de la vérité seraient-elles par hasard trop nombreuses? Faudrait-il s'interdire, dans certains cas, de suivre une voie particulière, par la crainte d'y coudoyer quelques charlatans, ainsi qu'on a paru le redouter, récemment encore, en mettant la question d'hypnotisme sous le boisseau? Mais il faudrait alors se condamner à une immo-

bilité complète ; car nous ne connaissons ni chemins ni lieux qui en soient absolument dépourvus, pas même les sociétés savantes.....

Mais non, l'homme qui aime véritablement la science et ne la subordonne pas à de chétives théories, ou productions provisoirement en honneur, ne s'arrête pas à de pareilles considérations. Il ose et beaucoup, dût-il se tromper, persuadé que les erreurs qu'il pourra commettre, de temps en temps, lui seront comptées, comme des blessures attestant son courage, son ardeur pour le progrès, par tous les bons esprits qui croient qu'un excès, dans ce sens, vaut mieux que le parti caduc de ne pas avancer par la crainte de faire fausse route.

XCVI.

Nous bornerons là pour le moment nos observations sur les divers états passifs de l'âme. Nous nous contenterons seulement de faire observer que, dans les phénomènes qui s'y rapportent, le rôle de l'agent électrique au service de l'organisme y est notablement réduit, s'il n'est quelque-

fois tout-à-fait nul. La raison en est que les actions mécaniques qui impressionnent l'âme, venant de l'électricité extérieure à des états vibratoires variés et l'âme étant apte à entrer en rapport direct avec cet agent, l'intervention de l'électricité organique ne semble pas indispensable. Et dès-lors elle doit sentir *au point même que les vibrations extérieures viennent frapper*. Dans cet ordre d'idées, ainsi que nous le verrons plus loin, les nerfs auraient une fonction autre que celle de transporter simplement les vibrations au cerveau pour qu'elles y fussent ressenties.

XCVII.

Mais il en est autrement dans les cas où l'organisme est actif, soit en vertu d'une impulsion continue, quoique temporaire, de l'âme, soit d'impulsions reproduites à des intervalles plus ou moins rapprochés. Dans ce cas, ainsi que nous l'avons déjà vu, l'action de l'agent électrique, en tant que force motrice, est souvent prédominante; voici en effet comment on peut se représenter le rôle de l'électricité dans la fonction d'un organe quelconque.

Lorsque le bras, par exemple, est employé à soulever un poids, en s'appliquant à une manivelle, il s'y accumule, par l'effet de la volonté, une certaine quantité du fluide libre de l'organisme; celle sous l'empire de laquelle *commence* le travail mécanique qu'il s'agit d'effectuer. Mais, en même temps, la dilatation et la contraction alternative des muscles et des vaisseaux appelle dans la partie active *un afflux de sang particulier qui caractérise toute entrée en fonction d'un organe*; le sang arrive au lieu de l'action, et, sans doute après avoir passé par des canaux et appareils modificateurs, se transforme en *matière musculaire* remplaçant celle qui a été usée par le jeu de l'organe; en *eau* qui se fait jour à travers les pores; en *électricité* rendue libre par le changement chimique dans le liquide sanguin, et qui sert mécaniquement à continuer l'action commencée; et enfin en *sang veineux,* refoulé vers le cœur aussi bien par l'action musculaire locale que par celle des vaisseaux animés d'un mouvement contractile continu (1).

(1) Une partie de l'électricité, ainsi rendue libre, peut se constituer à l'état vibratoire calorifique, ainsi que le prouve l'échauffement du muscle exercé. Et cette production de chaleur locale vient à l'appui de l'opinion que les poumons ne sont pas les seuls foyers de la chaleur animale, opinion que M. Séguin aîné dans l'ouvrage de M. Grove, page 316, rappelle dans les termes suivants: « On a cru pendant longtemps que la « chaleur développée dans le poumon par la combustion qui s'y opère

Digitized by Google

Nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer que, dans les phénomènes qui viennent d'être décrits, il y a, entre les aliments ingérés et l'électricité mise en liberté pour servir à l'action mécanique effectuée par l'organe, le même rapport que celui qui existe entre le charbon mis dans un foyer et la vapeur produite et dépensée ; le mécanisme est plus délicat, l'agent moteur agit moléculairement, se meut dans des canaux imperceptibles au lieu d'agir par masses dans un canal inerte de grandes dimensions comme un cylindre de machine. La différence n'est pas autre.

Lorsqu'un organe de relation ne fonctionne pas, la transformation du sang peut n'être que celle nécessaire à la production de la force motrice destinée à entretenir le mouvement contractile des tissus et des vaisseaux ; cependant il arrive que cette transformation se résout en cette

« d'une partie des éléments du sang pendant l'acte de la respiration suf-
« fisait à pourvoir à tous les besoins que réclame l'organisation animale
« pour y entretenir la vie et le mouvement. Mais une observation plus
« attentive et la comparaison de la chaleur produite à celle dépensée
« dans l'acte de la vitalité; la découverte faite depuis ces dernières années
« que les plantes qui étaient dépourvues de poumon développaient, elles
« aussi, une quantité de calorique assez considérable pour devenir appré-
« ciable aux observations, et ne laisser aucun doute sur la réalité du fait,
« ont fait soupçonner que le phénomène était beaucoup plus compliqué
« qu'on ne l'avait cru d'abord, et qu'il fallait aller chercher, dans d'autres
« organes que le poumon, les foyers de la chaleur animale, à laquelle il
« ne paraissait pas qu'il pût suffire seul. »

Digitized by Google

accumulation de muscle et de graisse qui se remarque plus particulièrement chez les personnes d'une vie sédentaire, qui ne dépensent pas, dans l'exercice, la force qui leur est apportée par l'alimentation.

XCVIII.

La quantité de force que le mécanisme organique met ainsi à notre disposition est limitée. Ce qui le prouve clairement, c'est que lorsque l'estomac est en activité, l'exercice marqué de tout autre organe est interdit sous peine d'entraver, d'arrêter les fonctions de cet important viscère et d'introduire, par suite, des perturbations graves dans l'économie. Mais en revanche, quand, la digestion est terminée, nous nous sentons en possession d'un accroissement de forces, que nous éprouvons le besoin de dépenser.

Mais ce qu'il y a de particulier, c'est qu'il en est ainsi non-seulement à l'égard de toute fonction se résolvant en un travail mécanique apparent et parfaitement déterminé, mais encore pour les fonctions cérébrales, pour le travail intellec-

tuel où l'on a été accoutumé à croire qu'il n'y a rien de matériel. Il faut bien pourtant que, là aussi, il y ait un travail matériel; car la fonction de cet organe se caractérise, comme celle des muscles, par un afflux de sang vers cette partie, par une perturbation dans les fonctions digestives si on le met intempestivement en action en même temps que l'estomac. Or, nous ne saurions trop le répéter, tout afflux de sang dans un organe a pour objet l'apport d'une certaine quantité de force motrice sous forme d'électricité mise en liberté, et l'on comprend que ce qu'en prend le cerveau peut manquer à l'estomac. D'un autre côté toute force motrice entraîne, pour conséquence, la production d'un travail mécanique, d'un travail matériel; donc la fonction intellectuelle n'est pas plus immatérielle que l'âme elle-même. C'est bel et bien un travail mécanique qui ne se diffère des autres que par cette particularité, d'être d'une ténuité, d'une délicatesse extrêmes, exceptionnelles, à la faveur desquelles il s'est soustrait, jusqu'à présent, à nos investigations; mais dont nous devons pas désespérer de déterminer, un jour ou l'autre, la nature spéciale.

Digitized by Google

XCIX.

Essayons d'analyser une fonction cérébrale jusqu'aux limites les plus reculées que nous pourrons atteindre, eu égard aux données expérimentales que nous possédons, afin de voir s'il est possible de dérober à la nature quelques parcelles de la vérité.

Le phénomène de la vision a pour siége *ordinaire* l'œil. Nous disons ordinaire, parce que nous avons constaté que dans l'état de songe ou de somnambulisme naturel, l'homme voit et voit nettement sans le secours des yeux les mêmes objets qu'à l'état de veille. En quoi ces diverses manières de voir se différencient-elle? Il est à remarquer que dans le songe, comme dans la veille, le siége du phénomène de la vision paraît être l'œil, c'est-à-dire que nous sommes impressionnés comme si l'œil fonctionnait dans des conditions normales. Le résultat, dans un cas comme dans l'autre, *c'est le souvenir de ce qu'on a vu.*

Dans l'état somnambulique au contraire, le phénomène de la vision semble transporté dans l'organe ou la partie de

Digitized by Google

l'organe qui a besoin de cette sensation pour se mettre en rapport plus direct avec les corps voisins avec lesquels il entre ou va entrer en contact pour se diriger. Et, chose remarquable! il ne reste, lorsque cet état a cessé, aucun souvenir des actes exécutés, des choses que l'on a vues et touchées!

Serait-ce par hasard que l'organe de la vision aurait une autre fonction que celle de transmettre plus commodément, plus directement, à l'âme qui y siége, les vibrations émanant des corps éclairés? Serait-il, ainsi que cela paraît ressortir du rapprochement qui précède, *un moyen de réaliser le phénomène de la mémoire?* Et s'il en est ainsi, comment pouvons-nous concevoir et expliquer le procédé par lequel l'âme va de l'état passif, qui lui a donné la sensation et la connaissance de l'objet éclairé, à l'état actif, en vertu duquel elle évoque l'image qu'elle a vue précédemment et s'en trouve impressionnée comme si elle était présente, quoique moins nettement en général?

Digitized by Google

C.

Les données actuelles de la science permettent, pensons-nous, de résoudre ce problème.

En effet, que se passe-t-il dans le phénomène de la vision? Des vibrations renvoyées par les corps éclairés sont communiquées à l'organe, et nous recevons par là, instantanément, l'impression de ces corps. Mais si nous voulons retenir la forme, la couleur de l'objet que nous considérons actuellement, que faisons-nous? Nous le regardons attentivement, c'est-à-dire *d'une manière prolongée*. Mais en même temps que nous recevons les vibrations qui nous avertissent de sa présence, et nous donnent la sensation de la vision instantanée, il importe de remarquer qu'une petite image de l'objet se peint sur la rétine dans ses moindres détails et avec la plus rare perfection. Si nous concevons, alors, que cette rétine est couverte d'un collodion naturel d'une sensibilité excessive, secrété par l'organe, l'image en question s'y fixera; et cela fait, il n'y a rien d'illogique ni de surnaturel à admettre que cette image,

Digitized by Google

fixée sur un tissu contractile et d'une ténuité extrême, se résout en un point imperceptible que le torrent de la circulation entraîne aussitôt pour aller l'emmagasiner dans la partie de la masse cérébrale où plonge le nerf optique. L'idée de la fixation d'une image sur un collodion naturel est plus qu'une hypothèse probable ; c'est un fait qui nous paraît ressortir assez clairement de cet autre fait reconnu par expérience, à savoir qu'une image peinte sur la rétine persiste, pendant quelque temps, après l'enlèvement de l'objet. Ce temps est sans doute celui qu'il faut pour qu'elle soit entraînée. M. Plateau, de Bruxelles, d'après ce que rapporte M. Ganot, a trouvé par différentes méthodes que la durée de l'impression pouvait atteindre une demi-seconde (1). Quant à l'enlèvement de l'image, de toutes pièces, après sa fixation, on reconnaîtra que c'est là une chose qu'il est aussi facile de concevoir que d'admettre, auprès de ces images d'objets transportées par l'électricité de la foudre et fixées sur le corps humain, et dont nous avons rapporté plusieurs exemples authentiques, § LIX. Au reste nous plaindrions ceux qui ne trouveraient pas, dans ce qui précède, des raisons suffisantes pour reconnaître que l'im-

(1) C'est du reste, sur la persistance de l'image sur la rétine, que sont fondés des instruments d'optique très-curieux, comme la roue de Faraday, le phénakistiscope, etc..

mortelle invention de Daguerre n'est, après tout, comme beaucoup d'autres inventions humaines, qu'une pâle copie des phénomènes de même nature qui se passent, à chaque instant, dans la merveilleuse machine organisée que nous analysons.

CI.

C'est par un procédé semblable, on le saisit de suite, que nous recevons l'impression des sons musicaux et qu'ils sont fixés dans le cerveau. En effet, chaque son est susceptible de produire, sur une membrane tendue, une image d'une forme particulière, ainsi que l'ont montré les expériences de Savart; imaginons que l'oreille est un instrument organique pour faire de la *phonotographie,* comme l'œil, de la photographie, et tout est dit.

Nous regarderons donc comme un fait acquis à la physiologie, fait que l'on verra se fortifier de plus en plus, que la masse cérébrale est un vaste magasin, où viennent s'accumuler, suivant des formes qui leur sont propres, toutes les impressions que l'homme reçoit dans sa vie. Cela posé,

le phénomène de la mémoire s'explique très-simplement par le fait que l'âme retrouve *matériellement à domicile* une représentation plus ou moins nette, plus ou moins bien conservée de l'image qui l'a impressionnée une première fois, et au contact de laquelle elle ressent des modifications dans son être, des vibrations pareilles à celles qu'elle a déjà éprouvées en présence de l'objet réel.

Ce qui prouve bien que les choses se passent de la sorte, c'est que lorsque nous nous rappelons un objet très-nettement, nous ne pouvons le séparer des accessoires au milieu desquels nous l'avons vu et qui font partie, comme lui, de l'image qui nous en est resté; c'est que lorsque nous nous rappelons nettement quelque passage d'un auteur, nous voyons mentalement, cérébralement, faudrait-il dire, le livre lui-même, la page et l'endroit même de cette page, où se trouve le passage rapporté.

Voilà donc le phénomène de la mémoire clairement expliqué. Mais la recherche d'une image particulière dans la variété infinie de celles que nous avons emmagasinées n'exige-t-elle pas un certain travail matériel de déplacement, de frottement de l'agent intelligent et matériel à travers ces mille canaux, à peine microscopiques, où elles sont logées ; ou bien ce qui nous paraît plus probable encore, ne faudrait-il pas, par hasard, pour que

Digitized by Google

l'acte de la mémoire se réalisât *que l'image fût ramenée à l'endroit même où elle a été perçue?* Et ne serait-ce pas en cela et dans les vibrations communiquées à l'âme que consisterait le travail mécanique dont l'afflux de sang vers le cerveau, dans l'exercice de la mémoire, prouve l'existence?

Nous ne doutons pas, en ce qui nous concerne, que la seconde interprétation soulignée ne soit la vraie. Car, lorsque nous nous rappelons ce que nous avons vu, il n'y a pas de doute que dans le songe, par exemple, l'œil ne soit bien véritablement le siége sensible de cette nouvelle vision ; c'est-à-dire que nous sommes impressionnés comme si l'œil était ouvert et recevait par la lumière du jour l'image directe de l'objet. Pendant la veille, il est incontestable que nous nous souvenons mieux en fermant les yeux; et si nous les tenons ouverts, accaparés par l'image que nous évoquons, nous voyons à peine ce qui est devant nous. Ce qui montre qu'il se passe dans ces deux derniers cas un fait analogue à celui qui se présente dans le songe, mais d'une manière moins claire, moins précise. En tous cas, ce qui précède montre assez clairement que la mécanique n'abandonne pas ses droits dans une opération dite intellectuelle (réputée immatérielle), des plus importantes ; on voit toujours, dans tout cela, un agent supérieur impressionné mécaniquement par des vibrations qu'il reçoit,

Digitized by Google

soit de l'extérieur, soit de l'intérieur, et l'on y trouve une nouvelle confirmation de la *matérialité de cet agent....*

CII.

En résumé, d'après l'ordre d'idées qui résulte de la discussion qui précède, l'âme s'étendrait principalement sur toute la surface du corps, et ressentirait sur place, au point touché ou frappé par les vibrations, les sensations diverses et limitées qu'il lui est donné de percevoir ici-bas. Il y aurait partant du cerveau (1), suivant les nerfs, une infinité de courants formant circuit, apportant à tous les points qui peuvent être atteints par un ordre quelconque de vibrations un liquide impressionnable qui, ainsi que nous l'avons vu en détail pour l'organe de la vision, ramènerait dans les masses nerveuses, pour l'y fixer, l'image ou le signe particulier représentant un ordre de vibrations assez longtemps ou assez souvent répété pour pouvoir être produit d'une manière nette et suffisante.

(1) Aussi bien que des autres centres nerveux.

En d'autres termes, l'image qui se produit au fond de l'œil n'est pas seulement ce par quoi nous voyons ou percevons l'objet extérieur ; mais ce qui nous sert plus tard à nous le rappeler ; et tous nos sens ont un appareil calqué sur celui-là et celui de l'ouïe. Mais ces deux appareils étant les plus délicats et les plus complets sont naturellement ceux qui retiennent les éléments des souvenirs les plus précis.

Cela étant, il est aisé de comprendre comment il se fait que le somnambule, qui voit provisoirement et exceptionnellement, pour se diriger, par un organe de relation, ne se souvient de rien. Cela tient à ce que l'appareil beaucoup plus simple, dépendant de cet organe, ne peut servir qu'à fixer et retenir les signes représentant le toucher, et ne saurait, comme l'œil, prendre l'image perçue dont le transport, dans la masse cérébrale, est indispensable pour réaliser l'acte de la *mémoire*.

Ainsi donc, il nous a suffi de relier de la manière la plus simple et la plus naturelle des données scientifiques connues, d'en ajouter quelques-unes, de déblayer le terrain de quelques fausses hypothèses, pour arriver à percer à jour quelques-uns des mystères de la nature, en général, et de l'organisme en particulier. Nous croyons fermement tenir en main le *fanal de la vérité* et nous ne le lâcherons pas

Digitized by Google

avant d'avoir essayé de lui faire jeter un jour nouveau sur les détails de notre existence corporelle et spirituelle qu'il nous importe le plus de connaître.

CIII.

A la faveur de ses rayons, nous comprenons définitivement, lorsque nous voulons nous rappeler avec plus de facilité, pourquoi nous occultons les yeux en abaissant les paupières ou les recouvrant avec la main. C'est pour ôter à notre âme la distraction apportée par les objets extérieurs et amener au point où elle doit être perçue à nouveau, sans la mêler avec d'autres, c'est-à-dire dans l'œil, l'image emmaganisée d'où dépend *le souvenir*. C'est pour le même motif, et *a fortiori* que, dans un songe, la mémoire est si vive et la représentation des objets que nous avons vus, pendant la veille, si nette, si précise, au point même de le disputer à la réalité.

Quoi de plus simple, dans notre système, que ces rêves décousus où nous passons d'un objet à un autre avec lequel il n'a pas le moindre rapport, et où le hasard enfante des

Digitized by Google

rencontres les plus étranges ? Ne semble-t-il pas voir, d'ici, l'âme flânant, sans but et sans volonté, dans son domaine cérébral, ou plutôt faisant défiler dans l'organe, siége de la sensation, suivant qu'ils se rencontrent, c'est-à-dire sans ordre, les souvenirs qu'elle a recueillis ? Et comment interpréter ces songes qui nous représentent des êtres tellement fantastiques qu'ils sembleraient n'avoir jamais eu d'existence réelle, si ce n'est en admettant une *intrusion* de l'âme dans un monde de souvenirs puisés, peut-être, dans d'autres existences (1) et qu'une volonté supérieure nous interdit pendant la veille ?...

Quoi de plus simple que ce mystère du sommeil dont le corps seul a besoin pour réparer ses pertes, par le travail nutritif inconscient confié à l'agent électrique et par l'inaction des organes qui dépensent ? Pendant ce temps là, l'âme qui est la force et le mouvement éternel et dont le repos ne saurait se concevoir, rattachée sans doute au corps par un lien invisible, s'élance dans l'espace pour jouir d'une autre existence et, comme dans ces sortes de pérégrinations elle n'emporte *peut-être* pas, avec elle, les appareils destinés à conserver l'impression de ce qu'elle a vu

(1) Nous ferons voir, plus loin, que l'âme doit avoir eu, en effet, plusieurs existences.

Digitized by Google

et ressenti, elle n'a au réveil aucun souvenir de ce qui lui est arrivé (1).

Quant aux songes dont le souvenir nous reste et dans lesquels nous voyons et entendons dans des circonstances nouvelles et spéciales des êtres que nous connaissons, et cela, de la manière la plus distincte, nous imaginons qu'ils peuvent provenir d'une visite faite à l'âme par les êtres, en question, dans leur course nocturne ; êtres dont la présence nous frappe comme dans la veille et dont le souvenir se grave en nous, par le même procédé (2).

CIV.

Mais alors, nous dira-t-on, si l'âme est telle qu'elle semble, au premier abord, résulter de votre système, lors-

(1) Nous disons *peut-être*, car rien ne nous dit qu'elle ne possède pas, dans cet état, des appareils spéciaux qui lui permettent de récolter des impressions dont le souvenir lui est aussi interdit, pendant l'existence terrestre, que ceux recueillis dans celles qui ont pu la précéder.

(2) Le procédé doit être le même, en effet, puisque les organes impressionnés, le siége de la vision et de l'audition, en particulier, sont bien les mêmes que pendant la veille.

Digitized by Google

qu'elle est séparée du corps, ce n'est plus qu'une force douée d'intelligence, de volonté, de liberté, qui n'est plus propre qu'à recevoir des impressions et qui ne se souvient plus, puisqu'elle doit avoir perdu les appareils à l'aide desquels elle accumule et conserve ses souvenirs. Elle a perdu aussi le pouvoir de comparer, le plus noble attribut de l'espèce humaine, puisqu'en se séparant de la masse cérébrale, où s'accumulaient les signes et les images d'où dépend la mémoire, elle a perdu ses éléments de comparaison.

Mais la simple supposition, qu'une telle chose puisse arriver, révolte la raison et la justice humaines; car chaque pas, fait en avant dans la science, nous démontre qu'il ne doit rien exister qui ne soit *utile* et même *nécessaire*. Or, si l'âme devait perdre le fruit de ses conquêtes en quittant son existence terrestre, cette évolution de sa vie, sans doute éternelle, serait donc sans objet ? Cela est d'autant plus difficile à admettre, que dans le cas particulier qui nous occupe, le but est assez transparent. Il nous semble, en effet, que l'organisme est un appareil par lequel l'âme se met en rapport avec le monde extérieur, en prend les empreintes multipliées et de toute espèce, et les garde pour servir de base à la comparaison, au jugement; c'est un moyen à l'aide duquel elle grandit tous les jours et s'élève de plus en plus, par la connais-

Digitized by Google

sance, dans l'échelle infinie des êtres visibles et invisibles.

Si l'on examine, d'ailleurs, à un autre point de vue, plus élevé ou plus scientifique, l'hypothèse décourageante soulevée au commencement de ce paragraphe, on reconnaît bientôt qu'elle ne peut heureusement supporter un examen sérieux. Pour l'admettre, en effet, il faut attribuer à l'*Etre suprême*, à la toute sagesse et à la toute puissance, l'intention de créer des êtres organisés pour les détruire, de faire des choses sans but et sans portée, espèce d'intention que nous ne pourrions prêter au plus chétif de nos semblables sans l'offenser. Mais outre cette raison d'un ordre supérieur, il est facile de concevoir, par analogie, qne l'âme quitte la vie terrestre en conservant son butin. N'en voyons-nous pas la preuve dans le fait que le fluide électrique emporte avec lui des parcelles des matières les plus denses à un état tellement dilaté qu'elles sont invisibles, pour ne les déposer que dans des circonstances déterminées? Or, quelle est la quantité de matière qui entre dans une épreuve daguerrienne de la dimension de celles qui se dessinent dans l'œil ? Quelle est celle qui forme l'image produite sur la rétine et que le courant de la circulation va fixer *provisoirement* dans la masse cérébrale? Quelque chose d'imperceptible, d'insaisissable. Et si l'électricité, agglomération d'agents inférieurs, emporte et

conserve des parcelles de métal, des figures de fleurs, de fer à cheval, de pièces de monnaie, etc. (§ LIX), n'est-il pas clair comme le jour, que l'âme, agent supérieur, peut emporter avec elle tout son monde de souvenirs, se résumant peut-être, si on pouvait le condenser en bloc, en une accumulation de matière à peine visible au moyen des microscopes les plus puissants? Donc, les données scientifiques connues nous démontrent qu'elle peut emporter ce qu'elle a conquis ; la justice et la raison de *Dieu* veulent qu'elle le fasse et qu'elle le conserve!

CV.

Nous allons voir comment ces nouvelles notions s'adaptent heureusement aux principales manifestations de l'esprit humain connues sous le nom d'*imagination* et d'*invention,* et combien elles puiseraient un surcroît de force, s'il en était besoin, dans la facilité et la clarté avec laquelle elles expliquent les phénomènes et les actes réputés les plus mystérieux et les plus insondables de notre existence corporelle et spirituelle.

Digitized by Google

Précisons d'abord ce que l'on entend ou doit entendre par l'un ou l'autre des deux termes, imagination ou invention. *Inventer, c'est arriver à disposer dans un ordre nouveau divers éléments* QU'IL NOUS A ÉTÉ DONNÉ DE PERCEVOIR *et dont nous avons gardé l'impression.* Ainsi, par exemple, un individu qui a vu un grand nombre de machines, qui a conservé la trace des éléments dont elles se composent et de leur diverses combinaisons, mettra les uns à côté des autres ceux capables de concourir à un certain résultat ; il en retranchera un, en ajoutera un autre, et de ces divers rapprochements il résultera, à un moment donné, une rencontre heureuse entre certains éléments, dont il saisira de suite la convenance et qui est justement ce qui caractérise l'invention. Il importe de remarquer que, dans un même individu, la facilité d'invention ou de simple compréhension de l'invention des autres a des degrés. L'une et l'autre dépendent du nombre d'éléments et de combinaisons de ces éléments dont il a gardé la trace, l'image (1) et par suite le souvenir.

(1) Nous donnons naturellement à ces deux expressions la signification qui résulte de l'explication que nous avons donnée de la mémoire.

CVI.

Partant de là, si l'on pouvait trouver trois hommes du même âge, ayant une égale aptitude pour la mécanique et qu'on les initiât, de la même manière, aux détails de cette science, mais successivement à des intervalles de quelques années, il est certain, d'après ce que nous avons vu précédemment sur la mémoire et son rôle dans les phénomènes d'invention, que le premier, quoique du même âge que les autres, arriverait plus vite qu'eux à la solution des problèmes qui leur seraient posés sur le sujet en question. Il y a plus, il se pourrait très-bien que le second, outre un temps plus long employé, n'arrivât qu'à une solution, une conception imparfaites ; et que le troisième, insuffisamment préparé, ne comprît pas du tout ce dont il s'agirait... On voit clairement par là, toutes choses étant égales d'ailleurs, qu'une plus grande facilité dans la conception d'une invention, relevant de l'une quelconque des branches du savoir humain, suppose nécessairement une *antériorité* dans la perception passive des éléments nécessaires à cette inven-

Digitized by Google

tion, et une impression suffisante laissée de ces objets dans la masse cérébrale, pour que l'âme, prenant un rôle actif, puisse les évoquer, les comparer, les ajuster les uns aux autres et aboutir, avant toute autre moins préparée, à un résultat nouveau.

Mais cette égalité d'aptitude, que nous avons supposée dans différents individus, ne se rencontre jamais; c'est un fait d'expérience journalière au-dessus de toute contestation. Si l'on donne exactement les mêmes soins à deux enfants nés le même jour, l'un saisira tout avec une promptitude extrême, l'autre avec une extrême lenteur; bref, il y aura, entre les deux, une différence analogue à celle que nous reconnaissions devoir exister entre deux hommes supposés également intelligents, initiés à la mécanique, à quelques années d'intervalle. Que conclure de tout ceci? C'est que l'aptitude à saisir les objets et leurs rapports ne pouvant venir, ainsi que nous l'avons démontré, que d'impressions reçues et conservées des objets semblables existants, et les deux enfants, en question, n'ayant vu absolument dans *leur existence actuelle* que les mêmes choses, il faut bien que le plus avancé des deux ait apporté en naissant les impressions qu'il a de plus que l'autre. Or ces impressions, où les aurait-il prises, si la force intelligente, qui est en lui, n'avait eu auparavant une autre existence corporelle? Et où

aurait-il puisé des impressions semblables à celles que nous recevons dans notre existence présente, impressions qui lui économisent la moitié du chemin dans son éducation, que les leçons, qu'il reçoit, *ne font que réveiller,* si ce n'était dans une condition, dans une existence semblables?

Nous avons déjà démontré que l'âme, en se séparant du corps, emportait avec elle toutes les connaissances acquises pendant sa vie terrestre. La discussion qui précède, en confirmant cette notion importante, fait voir en outre qu'elle préexistait à nos organes actuels; et de plus, qu'à l'âge du monde où nous sommes, la plupart des âmes, si ce n'est toutes, ont dû avoir *plusieurs existences terrestres.*

CVII.

En résumé, il ressort clairement de l'ensemble de la discussion ce que déjà nous avions fait pressentir, à savoir : que l'incarnation est un pont jeté entre le monde visible et le monde invisible; un moyen nécessaire à l'aide duquel la *Force intelligente* se met plus facilement en contact, et d'une manière suivie, avec le monde extérieur, y puise de

Digitized by Google

nouvelles connaissances, de nouvelles impressions utiles à *son perfectionnement intellectuel et moral.*

Le fait de plusieurs existences montre que l'âme résiste à la décomposition corporelle; et, dès-lors, on ne voit pas de raisons pour qu'elle y succombe jamais; cela est d'ailleurs incompatible avec la raison et la justice humaines, qui ne sont que des reflets de la raison et de la justice de Dieu. Nous pouvons donc clore cet essai, en confirmant la définition intuitive de l'homme donnée par M. de Bonald (1), en la complétant toutefois et disant :

L'HOMME *est une* FORCE MATÉRIELLE INVISIBLE, *intelligente, libre, sensible, préexistante et éternellement perfectible, temporairement servie et asservie, tout à la fois, par des* ORGANES TERRESTRES *visibles et pondérables et par l'*AGENT ÉLECTRIQUE.

CVIII.

Nous aurions pu nous étendre beaucoup plus longuement sur ce chapitre ; mais nous croyons en avoir dit assez

(1) « L'homme est une intelligence servie par des organes. »

pour sonder l'opinion ; et nous attendrons, pour reprendre ce sujet, pour le développer davantage, que nous sachions, jusqu'à quel point, l'esprit public est préparé à entrer dans ce genre de spéculation ; c'est un motif du même genre qui nous fait garder, pour une autre occasion, les recherches que nous avons faites sur l'homme et l'état social qui lui convient le mieux d'après les notions exposées dans cet essai. On comprendra, en effet, que la démonstration des grandes notions de Dieu, de l'âme et d'une autre vie, si affaiblies, au temps où nous vivons, dans l'esprit de la plupart, nulles à peu près chez beaucoup de gens ; la connaissance plus approfondie de l'homme et de ses destinées, des signes qui fixent son véritable rang dans la vie éternelle ; tout cela doit entraîner un ordre d'idées sociales, sinon nouvelles, du moins à peu près telles dans leur ensemble, et en tous cas, notablement différentes de celles qui ont cours aujourd'hui et dirigent les actions humaines. Nous avons étudié ce sujet comme celui qui précède, et, si le public accueille cet essai avec faveur, nous nous hasarderons à lui soumettre, dans une autre publication, le résultat des recherches que nous avons faites dans cette direction.

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION. V

CHAPITRE PREMIER.

DÉMONSTRATION GÉNÉRALE DE L'IDENTITÉ DES AGENTS QUI PRODUISENT LE SON, LA CHALEUR, LA LUMIÈRE, L'ÉLECTRICITÉ, ETC.

I. Manière dont on se forme l'idée d'un corps et dont on en reconnaît la *matérialité*. 1

II. Cas où le moyen indiqué dans le § précédent est en défaut.— On y supplée par une distinction rationnelle entre l'entité et l'attribut.—Attributs essentiels et accidentels. 4

III. Observations sur le caractère particulier de l'attribut accidentel 9

IV. Application des principes précédents aux fluides dits impondérables. — La chaleur et la lumière sont des attributs et non des entités.— Ce sont les impressions produites sur nos organes par les mouvements de l'entité à laquelle ils appartiennent 11

V. La chaleur, la lumière, sont des attributs appartenant à l'électricité en mouvement. — Le son est aussi un attribut de l'électricité. 13

VI. Le son, comme les deux premiers attributs, appartient aussi exclusivement à l'électricité en mouvement. — Preuve que le son ne peut être produit, ni transmis par les vibrations de l'air. — Réfutation de l'expérience de physique sur laquelle on appuie l'opinion contraire. 17

VII. Le son n'est ni produit ni transmis par les corps pondérables autres que l'air. — Rôle de l'air et des corps solides dans la production du phénomène du son. 22

VIII. Preuve que la lumière du jour est due aussi à l'électricité. — Conclusion 24

Digitized by Google

IX. Formes sous lesquelles le mouvement se traduit à nos sens : la *vibration*, la *translation*. — Comment l'une de ces formes peut naître de l'autre et réciproquement.— Le son est le résultat sur le sens de l'ouïe de certaines vibrations du fluide électrique. 59

X. C'est aussi par des vibrations que le même agent nous donne les sensations de *chaleur* et de *lumière* 28

XI. C'est encore par des vibrations d'un ordre différent que l'électricité nous donne les sensations du *goût* et de l'*odorat* 30

XII. Contre-épreuve expérimentale dans laquelle les phénomènes de la lumière, de la chaleur et du son sont produits par les vibrations décroissantes du fluide recélé dans une barre de fer, —Métaux chanteurs 33

XIII. Expériences à faire. —Les principaux phénomènes de la physique vont être passés en revue, dans cet essai, pour montrer qu'ils confirment le système exposé dans les paragraphes précédents. — Ordre d'idées d'où ce système tire, en dehors de notre démonstration, un degré de probabilité très-voisin de la certitude 37

CHAPITRE II.

CONFIRMATION DE LA DÉMONSTRATION GÉNÉRALE QUI PRÉCÈDE, PAR L'EXAMEN FAIT AU POINT DE VUE DE LA NOUVELLE THÉORIE QUI EN RÉSULTE, DES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES DE LA PHYSIQUE.

XIV. Y a-t-il une loi générale qui relie les deux termes de la vitesse de transmission des vibrations du fluide électrique. — Si cette loi existe, elle ne peut être représentée en égalant le produit du nombre des vibrations par l'amplitude à une constante, comme les physiciens le supposent pour le son 40

XV. Données expérimentales que l'on peut faire intervenir dans la question, 1° vitesse du son du canon, 2° nombre de vibrations correspondant à un son donné, 3° vitesse de la lumière solaire réfléchie, 4° amplitude de la vibration de la lumière rouge.—Etablissement d'une relation algébrique entre le nombre de vibrations du son, leur amplitude et leur vitesse de transmission 43

XVI. Application de la formule de la vitesse de transmission du son à la lumière. — Vitesse trouvée en y introduisant l'amplitude de la

vibration de la lumière rouge déterminée par Frauenhofer et Fresnel. — Accord satisfaisant. 45

XVII. Application de la formule à la vitesse des sons les plus écartés dans un théâtre. — Différences de vitesse inappréciables dans les cas les plus défavorables, que l'on peut atténuer et même effacer en pratique. 48

XVIII. Examen de l'influence de l'intensité des sons sur la vitesse pour préluder à l'examen de l'expérience de M. Biot. — La vitesse des sons varie avec leur intensité. — L'expérience de M. Biot n'a pas la signification qu'on lui a attribuée 55

XIX. Nouveaux faits à l'appui de la différence de vitesse des sons due à leur intensité. — Sons de la voix et du canon comparés. — Vitesse considérable du son de la foudre. 58

XX. Théorie mathématique du son de M. Earnshaw. — Son opinion sur l'influence de l'intensité du son. — Observations complémentaires de l'auteur sur ce sujet 61

XXI. Observations préliminaires sur la manière dont la théorie de l'optique s'est approchée le plus de la vérité. — Ce qui l'a empêchée de l'atteindre entièrement; c'est la théorie des deux électricités . . . 63

XXII. De la réflexion et de la diffraction. — Des interférences . . 65

XXIII. De la réfraction simple et double. — De la dispersion. . . 70

XXIV. Résumé. — Le système qui précède suppose l'existence successive et quelquefois simultanée de la vibration et de l'émission. — Cela est inévitable. — Explication du phénomène de l'atténuation graduelle des sons, de la chaleur, de la lumière, dans les régions élevées de l'atmosphère. 73

XXV. Manière d'être de l'électricité dans les phénomènes calorifiques. — Etat vibratoire, état de translation, état de repos. — Le premier accusé par le thermomètre. Les autres sont latents et caractérisent le mouvement ou le repos. — Calorique latent de dilatation, de fusion, de vaporisation ; combinaison de l'electricité avec les corps. — Ce qu'indique un développement de chaleur dans une machine. . . 77

XXVI. Analogie parfaite entre la situation de l'air et de l'électricité à l'état statique dans la manière dont ils accusent leur présence . . 81

XXVII. Même analogie observée dans la situation des deux fluides à l'état dynamique. — Conclusion 83

XXVIII. L'expérience de la barre vibrante montre que les phéno-

Digitized by Google

mènes de son, de chaleur et de lumière qu'elle produit ne diffèrent entre eux que par le nombre de vibrations. — L'expérience thermo-électrique du § précédent montrant que la chaleur n'est qu'une manifestation du fluide électrique, il s'en suit rigoureusement qu'il en est de même du son et de la lumière. — Autres exemples de transformation de vibrations calorifiques en vibrations lumineuses et réciproquement 88

XXIX. La plus importante des transformations du mouvement vibratoire de l'électricité en mouvement de translation est celle où ce dernier mouvement peut être transmis facilement à un véhicule particulier comme l'air, la vapeur et de celui-ci à un organe de machine. — Mesure du travail mécanique résultant d'une pareille transformation de l'électricité incorporée par l'air. — *Equivalent mécanique de la chaleur* 89

XXX. Observations sur la mesure du travail mécanique dû à la détente d'un gaz chauffé. — Ce travail est notablement inférieur à celui indiqué par la théorie reçue. — Conclusion absurde à laquelle conduit l'admission de cette théorie et dont celle proposée est exempte. — Le travail de la détente d'un gaz ne peut atteindre au maximum le travail donné par le gaz agissant à pleine pression avant la détente. En quoi les expériences, tendant à établir l'exactitude de la théorie de la détente, sont défectueuses. 92

XXXI. L'utilisation du calorique ou de la force qu'il recèle est complète, du moment qu'il passe entièrement de l'état sensible à l'état latent et peut s'obtenir avec divers degrés de détente. — L'avantage des hautes températures et des pressions élevées ne consiste qu'à permettre l'emploi d'appareils d'un plus petit volume. — Observations sur l'air utilisé comme moteur. — Distinction à faire entre le travail absolu représenté par un kilogrammètre et ce que nous appelons kilogrammètre industriel. — L'air comprimé doit être chauffé 99

XXXII. Examen de l'utilisation du fluide électrique à l'état calorifique ayant l'eau pour véhicule. — Le travail obtenu d'un kilogramme de vapeur est le cinquième de celui qu'une calorie donne avec l'air pour véhicule. Raison de cette différence. — Motifs pour lesquels cette différence peut ne pas constituer l'eau dans un état d'infériorité vis-à-vis de l'air au point de vue industriel 104

XXXIII. Si ce dernier fait se vérifiait, l'air n'aurait servi qu'à fixer un maximum absolu d'effet que l'on doit chercher à atteindre;

ce qui semble pouvoir être résolu par l'emploi de vapeurs combinées. — Avantages que l'on peut retirer vraisemblablement de l'emploi, dans ce but, des vapeurs de l'éther sulfurique ou chlorhydrique . . 107

XXXIV. Le travail mécanique libre utilisable fourni par une calorie varie donc avec la substance qui lui sert de véhicule. — Décroissance de cet effet en passant de l'air aux liquides plus ou moins volatils, de ceux-ci à l'eau; de l'eau à d'autres liquides; de ces derniers aux corps solides. — Travail insignifiant fourni par la dilatation des métaux. 111

XXXV. Cas où l'incorporation du fluide dans un métal fournit une grande quantité de travail effectif. — Boulet de canon. — Organes d'une machine. — Explication de l'apparente anomalie présentée par la glace à la règle générale d'expansion d'une substance par l'incorporation du fluide électrique et de sa contraction par la perte de ce même fluide. 115

CHAPITRE III.

ÉTUDE SPÉCIALE DE L'ÉLECTRICITÉ ET DE SON ROLE DANS LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES OU SA PRÉSENCE A ÉTÉ PLUS PARTICULIÈREMENT RECONNUE.

XXXVI. Franklin ne reconnaissait qu'une seule électricité. — Les Allemands partagent en général cette opinion. — Description qu'en donne l'auteur et d'où découlent simplement tous les phénomènes dûs à cet agent sans avoir besoin de recourir à l'hypothèse des deux électricités. 120

XXXVII. Explication de la machine électrique fondée sur la description qui précède, donnée par l'auteur dans sa communication à la Société des Ingénieurs civils. — Modifications qu'il faut y introduire pour la rendre exacte et concordante avec les nouveaux faits présentés et étudiés dans le chapitre précédent. — Nouvelle expérience qui prouve que tout mouvement est dû au fluide électrique à l'état de translation. Dans la rotation de la machine, le fluide obtenu n'est pas dû au sol, mais à la personne qui imprime le mouvement au disque. 122

XXXVIII. Réfutation de la théorie de la machine électrique basée sur l'hypothèse des deux électricités 126

XXXIX. Exposition de la théorie de l'électrisation par influence fondée sur la même hypothèse 128

XL. Réfutation de cette théorie. 129

XLI. Explication donnée par l'auteur de l'électrisation dite par influence 131

XLII. La théorie des deux électricités est due suivant M. Pouillet, à Dufay, physicien français.—La réalité en est prouvée, d'après ce physicien, par les actions attractives et répulsives exercées sur des balles de sureau, par le verre ou la résine frottés. — Ce qui précède ne confirme pas cette manière de voir. 134

XLIII. Ce que l'on doit penser des divers états du fluide électrique, et comment il convient de les distinguer 137

XLIV. Explication mécanique des attractions et répulsions des balles de sureau, d'où Dufay a conclu à l'existence de deux fluides complémentaires 139

XLV. Demande faite par des membres de la Société des Ingénieurs civils d'expliquer, par la nouvelle théorie, l'*électricité dite dissimulée*. —Expérience, à laquelle elle se rattache, suggérée par l'auteur. . . 147

XLVI. Constatation expérimentale établissant le fait qu'il n'y a que de l'électricité au même état de tension depuis les parties frottées du plateau de la machine électrique jusqu'à l'extrémité du conducteur. . 145

XLVII. Ecoulement de l'électricité ainsi obtenue sur des conducteurs de forme ordinaire. — Ecoulement et répartition de ce fluide sur un conducteur en cuivre à fond et à parois convexes. — Détail des phénomènes observés 147

XLVIII. Il résulte des faits observés, dans la répartition du fluide sur le vase précédent, que ce fluide s'y trouve, en deux endroits, à deux états différents absolument identiques à ceux que l'on obtient dans la bouteille de Leyde et le condensateur d'Æpinus. — Ce qui prouve qu'il n'y a qu'une seule électricité, attendu la source unique dont elle provient 150

XLIX. Examen des conditions sous l'empire desquelles le fluide se constitue ainsi à deux états de tension différents. 152

L. Explication du condensateur d'Æpinus et de la bouteille de Leyde dans l'ordre d'idées résultant du § précédent 155

LI. En résumé, les conditions sous l'empire desquelles le fluide électrique se constitue à l'état raréfié sont celles dans lesquelles il éprouve un obstacle à son mouvement. — Le cas est tout-à-fait ana-

logue à celui d'un gaz aux deux extrémités d'un tuyau par lequel il s'écoule. 159

LII. Commencement de réalisation de l'expérience dont il a été question au § XLV. — Conséquences qui en résultent au point de vue de la gravitation 160

LIII. A quoi peut-on attribuer l'action directrice d'un courant électrique sur un autre courant ? 162

LIV. Ce qu'il faut conclure de l'action des courants sur les aimants et réciproquement ; et de l'action de la terre sur les uns et les autres. — Qu'il y a un courant électrique terrestre dirigé de l'Est à l'Ouest à peu près. — Ce ne peut être un courant thermo-électrique. — Ces sortes de courants ne peuvent produire que des perturbations. . . .

LV. Explication nouvelle de l'orientation ordinaire de l'aiguille aimantée et de ses variations séculaires 165

LVI. Cause des variations diurnes de l'aiguille aimantée 170

LVII. Nouvelle explication de la rotation de l'aiguille aimantée sous l'influence d'un disque tournant; fait découvert par Arago et que ce physicien n'a pas expliqué. — Récapitulation sommaire des faits nouveaux consignés dans les deux derniers chapitres et venant à l'appui de la démonstration générale 171

CHAPITRE IV.

DU ROLE DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES PHÉNOMÈNES DE CHIMIE MINÉRALE, VÉGÉTALE ET ANIMALE. — DU ROLE DU MÊME AGENT DANS LES PHÉNOMÈNES DE FORCE D'OU L'ON DÉDUIT LA NOTION DE L'ÊTRE SUPRÊME.

LVIII. L'ozone est-il le seul cas de combinaison du fluide électrique avec les autres corps? — Cela n'est pas probable, il doit y en avoir une infinité d'autres. — Pour décider la question, il faut rechercher les signes au moyen desquels on peut reconnaître qu'un gaz est combiné avec une autre substance 175

LIX. Un des premiers signes, c'est la séparation en ses éléments d'une substance d'une nature complexe et dans laquelle il était impossible, auparavant, de discerner plus d'une entité.—Exemples : le carbure d'hydrogène et l'acide carbonique qui se résolvent chacun en deux élé-

Digitized by Google

ents. — L'électricité fournit un très-grand nombre d'exemples d'associations semblables avec d'autres corps 177

LX. Un second caractère des combinaisons chimiques, c'est la dissimulation et la neutralisation plus ou moins complète des deux éléments constituants ou de l'un d'eux seulement. — Les combinaisons de l'électricité avec les autres substances présentant ce caractère d'une manière bien tranchée. Exemples. 179

LXI. L'électricité ne se combine pas seulement à un grand nombre de substances gazeuses et solides, mais elle est un élément indispensable, non-seulement de toute combinaison, mais même des corps réputés simples. — La quantité d'électricité combinée est d'autant moindre que les mêmes corps alliés ensemble s'éloignent davantage de la constitution des gaz permanents 181

LXII. Le fait qui précède explique les phénomènes de chaleur et le dégagement de fluide que l'on remarque dans les combinaisons chimiques. — Mais où l'hydrogène, par exemple, résultant de la décomposition de l'eau par le zinc et l'acide sulfurique, puise-t-il le fluide qui lui est nécessaire pour se constituer à l'état de gaz permanent? Dans l'acide sulfurique. — Notions nouvelles sur la constitution intime des acides. — Pile électrique. 185

LXIII. Quel est, dans cet ordre d'idées, l'appareil le plus puissant et le mieux disposé pour recueillir le fluide? — C'est l'appareil de Wollaston. — Examen, à ce point de vue, des deux manières de relier les couples et de l'effet qui doit en résulter. 187

LXIV. Il n'y a pas lieu de s'arrêter à la discussion de la théorie de la pile fondée sur les deux électricités de M. de la Rive. — Examen des diverses causes auxquelles on a attribué le dégagement d'électricité. — Opinion de M. Pouillet. 191

LXV. Parallèle entre les acides et l'électricité eu égard à leur pouvoir modificateur sur les diverses substances simples ou complexes. 194

LXVI. Réflexions sur les notions nouvelles développées dans les paragraphes précédents. — Explication du phénomène du transport dans l'expérience de Davy dont il a été question dans le § LX. 196

LXVII. Du rôle de l'électricité dans les corps organisés; il y a de l'électricité libre dans le corps humain qui doit pouvoir s'accumuler à un point déterminé 200

LXVIII. Effet de l'accumulation d'une certaine quantité d'électri-

Digitized by Google

cité extérieure sur un muscle déterminé (expérience) de M. le docteur Duchennes. — Nos mouvements volontaires sont dûs à la concentration dans le point voulu d'une certaine quantité de notre électricité libre. — Comment. 202

LXIX. Des expériences dans le genre de celles de M. Du Bois-Raymond nous éclaireront sur ce sujet, quand elles seront faites convenablement. — Ce qui a manqué à ces expériences. 203

LXX. On y supplée par l'exemple des poissons qui dirigent *à volonté* dans toutes les directions, le courant électrique dont ils disposent. — On en conclut que le fluide électrique est définitivement celui sous l'impulsion duquel s'exécutent nos mouvements volontaires et probablement aussi les mouvements intimes des organes de nutrition . . 205

LXXI. Qu'est-ce que la force? — Idée la plus élevée et la plus générale que l'on puisse s'en former 207

LXXII. Apparences sous lesquelles on connaît la force. — L'électricité en est une. — L'est-elle au même titre que les autres corps ? — Il semble que non. — L'électricité paraît mise en mouvement par l'acte de la volonté 208

LXXIII. Que l'on admette ceci ou non, il faut aboutir à l'une ou à l'autre de ces conclusions : A une entité matérielle s'imprimant le mouvement à elle même et le communiquant. — A une entité immatérielle imprimant le mouvement à une entité de la nature de la précédente par le seul effet de la volonté. 210

LXXIV. Examen de ces deux conceptions. — La dernière est inadmissible. — Digression sur l'origine de ce dernier système. — De pareilles idées ne peuvent avoir cours aujourd'hui. — Ce que les données scientifiques permettent de croire et d'accepter. 211

LXXV. L'entité matérielle douée de force et de volonté à laquelle on aboutit écarte-t-elle l'idée que le fluide électrique puisse se mouvoir sous l'acte de la volonté ? — Nullement ; comment on peut se représenter sa manière d'être. 213

LXXVI. Faits chimiques qui prouvent qu'ils sont présidés, dirigés par un agent *atomique intelligent*. 215

LXXVII. Cet agent n'est autre que le fluide électrique. 217

LXXVIII. Autres preuves tirées des faits observés dans la chute de la foudre. — Note rappelant que Poisson, dans ses travaux mathématiques sur l'électricité, avait été amené à considérer ce fluide

Digitized by Google

comme *un être*. — Danger que peut présenter, au point de vue des progrès scientifiques, l'idée que l'électricité est la *force atomique intelligente*., ... 219

LXXIX. Cette tendance peut être tenue en échec par l'école opposée. — Inconsistances présentées par cette école auxquelles il semblerait qu'elle eût dû échapper 221

LXNX. Récapitulation générale et sommaire des phénomènes de force attribuables à l'électricité 224

LXXXI. Parallèle entre les conclusions de M. Grove dans son livre de la corrélation des forces physiques et celles auxquelles on arrive dans cet essai. — Dans ce dernier ordre d'idées, il n'y a plus dans tous les phénomènes physiques que des transformations de mouvement d'un même agent. 226

LXXXII. Exemples les plus saillants de ces transformations. . . 227

LXXXIII. Rationalité de ce système. — Preuves récapitulatives que les phénomènes en question consistent bien en transformations de mouvement du fluide électrique 229

LXXXIV. Exemples de pareilles transformations empruntées à l'ouvrage de M. Grove. 231

LXXXV. Le système exposé précédemment était en germe dans les idées entretenues sur ce sujet par un grand nombre de savants distingués. — Personne n'est approché plus près de la vérité qu'Œrsted. .

LXXXVI. Comment ce système peut définitivement se formuler. . 235

LXXXVII. Notion supérieure qui en devient une conséquence forcée; celle d'un ordonnateur suprême, de l'existence de *Dieu*. 239

CHAPITRE V.

ÉTUDE SPÉCIALE DU ROLE DE L'ÉLECTRICITÉ DANS L'ORGANISME HUMAIN ET DE L'ENTITÉ APPELÉE AME.

LXXXVIII. Récapitulation des notions principales résultant du chapitre précédent. — Motifs pour lesquels l'auteur a dû en rejeter le développement dans un chapitre spécial. 240

LXXXIX. La force, l'intelligence et la volonté sont inséparables.—Ce

sont trois attributs auxquels correspondent une entité. — L'homme recèle le type d'une entité de cette nature 243

XC. N'y a-t-il que cette entité dans l'homme corporel tel que nous le connaissons. — Non. — Preuves qu'il y a une deuxième entité, le fluide électrique, à laquelle sont dûs les mouvements conscients et inconscients de nos organes de relation. 246

XCI. C'est encore au même fluide que sont dûs les mouvements intimes inconscients des organes de nutrition 248

XCII. En résumé l'organisme humain est gouverné par deux entités, dont l'une est *en général* subordonnée à l'autre ; la première est le fluide électrique, la seconde est celle désignée depuis longtemps sous le nom d'*âme* par les diverses croyances.—Différence entre l'âme telle que nous la concevons et celle des sectes religieuses. 251

XCIII. L'âme est passive ou active. — Dans le premier état elle reçoit des sensations qui sont des actions mécaniques. — Différences entre les diverses sensations. — Quelle est celle où l'âme apparaît le plus sensiblement? 252

XCIV. Le lieu de réceptivité et de réception des actions mécaniques appelées sensations est-il invariable? — Preuves qu'il ne l'est pas.— Songes. — Somnambulisme naturel. 254

LCV. Observations incidentes sur l'obstacle apporté au progrès par la crainte d'étudier les phénomènes précédents. 256

XCVI. Rôle de l'électricité organique dans les sensations. — Il est considérablement réduit, l'âme étant apte à recevoir directement les impressions résultant de l'action mécanique de l'électricité extérieure. 257

XCII. Il n'en est pas de même quand l'organisme est *actif*. — Rôle de l'électricité. — Comment le fluide nécessaire à l'accomplissement de ce ce rôle est produit. — Il y a, entre les aliments ingérés et l'électricité mise en liberté pour servir à l'action mécanique de l'organe, le même rapport qu'entre le charbon mis dans un foyer et la vapeur produite et dépensée. 258

XCVIII. La quantité de force mise à notre disposition dans le travail intime dont il vient d'être question est limitée. — Cette force est aussi nécessaire au travail des organes cérébraux qu'à celui des autres organes. Ce qui semble impliquer que le travail intellectuel est aussi un travail mécanique 261

XCIX. Examen de cette dernière question. — Différentes manières

Digitized by Google

de voir, de percevoir les objets. — L'organe de la vision paraît avoir une autre fonction que celle de transmettre simplement à l'âme l'impression des objets extérieurs. 263

C. Les données scientifiques connues permettent de résoudre la question affirmativement. — L'œil est l'appareil à l'aide duquel l'organisme récolte les éléments matériels du souvenir, de la mémoire. — Il fait de la photographie organique. 265

CI. C'est par un procédé analogue que l'oreille fait de la phonotographie ; que les autres sens nous laissent des souvenirs. — Preuves additionnelles que les phénomènes se passent ainsi. 267

CII. L'opération par laquelle l'âme recherche intérieurement les signes matériels du souvenir est un travail mécanique. — Ce qui prouve de nouveau que l'âme est matérielle 270

CIII. Résumé des notions nouvelles résultant de ce qui précède. — Application de cet ordre d'idées à l'explication d'un fait accompagnant le travail de la mémoire. — Des songes décousus. — Du sommeil. — Des songes offrant une certaine suite 272

CIV. En se séparant du corps l'âme emporte avec elle les éléments matériels emmagasinés des connaissances acquises 274

CV. Applications des nouvelles notions à l'explication des manifestations actives de l'esprit humain connues sous le nom d'*invention*, d'*imagination*; observations préliminaires sur ce qui caractérise l'invention. 277

CVI. Explication des facultés innées. — Il en résulte la nécessité de la préexistence de l'âme et une nouvelle confirmation du fait que celle-ci en se séparant du corps emporte, avec elle, ses conquêtes intellectuelles et morales 279

CVII. Conclusion. — L'HOMME *est une* FORCE MATÉRIELLE INVISIBLE, *intelligente, libre, sensible, préexistante et éternellement perfectible, temporairement servie et asservie, tout à la fois par des* ORGANES TERRESTRES *visibles et pondérables et par l'*AGENT ÉLECTRIQUE. 281

CVIII. Conséquences qui doivent résulter de cette notion et de celles qui s'y rattachent, au point de vue social. 282

FIN.

Typ. de GUIRAUDET, imprimeur de la Société des Ingénieurs Civils, 2, place de la Mairie, à Neuilly.

SBN
608202

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google